



UFR Sciences
2, Bd Lavoisier
49045 ANGERS Cedex 01



AGROCAMPUS
OUEST
65 rue de St Brieuc, CS
84215-35042 RENNES
Cedex



Université de
Rennes I
1-2 rue du Thabor,
CS 46510-35065
RENNES Cedex



SOFRUILEG
SCAAP KiwiFruit de France
2898 Boulevard de l'Océan, 40300
LABATUT
SOFRUILEG
45 chemin de Peyrelongue, 40300
LABATUT

Mémoire de Fin d'Etude

CONFIDENTIEL

**Master 2 Sciences Technologie Santé
Mention Biologie et Technologie du Végétal
Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV)**

Parcours : I Productions Végétales Spécialisées / Option : Semences et Plants

Année universitaire 2016-2017

**Evaluation de la qualité de pollinisation d'un verger d'*Actinidia arguta*
var. TAHI et de l'intérêt d'une pollinisation complémentaire**

Par : Lucie PETIT



Photo prise le 20/05/2017, Source : auteur

Maître de stage : Fabien BEC

Soutenu à Angers le : 19/09/2017

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT M2 PROTEV 2016-2017

Je, soussignée :

Lucie PETIT déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publié sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour ce rapport, rédigé au cours de mon master 2 ProTeV. Je m'engage également à respecter les consignes données pour la rédaction de ce rapport.

A : Labatut

Le : 19/042017

Signature :



Remerciements

Je tiens à remercier particulièrement mon maître de stage, Monsieur Fabien BEC pour m'avoir fait confiance et intégré au sein de l'équipe R&D SOFRUILEG. Son savoir-faire, son humeur et sa gentillesse ont fait de ce stage une expérience professionnelle enrichissante.

Je remercie également tous les producteurs qui ont permis la réalisation des essais expérimentaux : Monsieur ELISSONDO et particulièrement Monsieur TISSIER pour son partage d'expériences, son soutien et sa sympathie.

Je n'oublierai pas et j'exprime tous mes remerciements à Amélie VALADA(S) ma bien aimée collègue stagiaire, avec qui j'ai partagé de nombreuses émotions et qui a animé ce stage autant sur le plan professionnel que personnel. Elle a su m'épauler pour prendre des décisions sur la mise en place des essais. Sa patience, son écoute et sa bienveillance ainsi que ses conseils et ses relectures toujours de bons augures m'ont été d'une aide inégalable.

Je remercie également Vincent MANGIN, stagiaire en 2016 sur une thématique proche de ce rapport, avec qui j'ai pu discuter et partager de nombreuses informations.

Je remercie aussi l'équipe technique, Madame Marie-Pierre DURPAIRE et Emmanuelle PANCOU pour leurs bons conseils et leur soutien.

Je tiens à remercier Florence et Isabelle pour m'avoir aidé pendant les récoltes *A.arguta*.

Je tiens aussi à remercier mon tuteur de stage, Monsieur BUCK-SORLIN pour ses conseils et corrections portées à la rédaction de ce rapport.

Enfin je souhaite exprimer mes remerciements à toute l'équipe SCAAP KIWIFRUIT de France pour son accueil convivial et sa sympathie, ainsi que toutes les personnes autres que j'ai pu rencontrer durant cette période de stage, en dehors ou dans le cadre professionnel, qui ont pu de près ou de loin participer à la réalisation de ce stage.

Table des matières

Evaluation de la qualité de pollinisation d'un verger d'*Actinidia arguta* var. TAHI et de l'intérêt d'une pollinisation complémentaire

INTRODUCTION	1
CONTEXTE	3
1. Le kiwi : contexte général et économique	3
1.1. Le genre <i>Actinidia</i>	3
1.2. Dans le monde et plus précisément en France	3
1.3. La SCAAP et ses filiales	3
2. <i>Actinidia arguta</i>	3
2.1. Biologie	3
2.2. Itinéraire de culture	3
2.3. Ventes	7
2.4. Etats des connaissances actuelles	7
3. Importance de la pollinisation pour l'amélioration des calibres	5
3.1. Le calibre : un critère important en production NERGI®	5
3.2. Lien entre calibre et pollinisation	5
PROBLEMATIQUE ET SUJETS D'ETUDES	5
1. Problème lié aux fruits de petits calibres	5
2. Importance de la gestion des pieds mâles	6
2.1. Choix des mâles	6
2.2. Densité	6
2.3. Répartitions	7
2.4. Effet rang	7
3. Importance de la dissémination du pollen	7
3.1. Dissémination naturelle	7
3.2. Dissémination artificielle	8
3.2.1. Méthodes d'application	8
3.2.1. Besoins en pollen et périodes d'application	8
3.2.2. Sources de pollen	9
3.1. Essais de pollinisation assistée réalisés par la SCAAP	10
4. Problématiques et hypothèses de travail	10
4.1. Réflexion sur la répartition des pieds mâles au sein du verger	10
4.1. Réflexion sur l'apport de pollen complémentaire	10
MATERIELS ET METHODES	12
1. Dispositif expérimental ESSAI 1	12
1.1. Matériel végétal et localisation	12
1.2. Choix des unités expérimentales et modalités	12
2. Dispositif expérimental ESSAI 2	13
2.1. Matériel végétal et localisation	13
2.2. Choix des unités expérimentales et modalités	13
2.3. Pollinisation assistée	13
2.3.1. Préparation des traitements	13
2.3.1.1. Provenance des pollens	13
2.3.1.2. Eléments qui compose la solution et concentrations utilisées	14
2.3.1.3. Conditions d'applications des traitements de pollinisation	14
3. Protocole expérimental	14
3.1. Collectes des données	14
3.1.1. Données évaluant la qualité de pollinisation	14
3.1.1.1. Evaluation du nombre de graines par fruit	15
3.1.1.2. Données de rendements et calibres de fruit	15
3.2. Analyses statistiques des données	16
RESULTATS	16

1.	Evaluation du nombre de graines par fruit	16
2.	Essai 1 : Répartition des mâles	16
3.	Essai 2 : Pollinisation complémentaire	17
3.1.	Choix des unités expérimentales et sous échantillonnages	17
3.1.	Impact des différents traitements sur les calibres produits	17
3.1.1.	Vérification de l'effet des traitements témoins	18
3.1.1.	Effet de la pollinisation assistée	18
DISCUSSION		19
1.	Influence de la répartition des mâles	19
2.	Intérêt de la pollinisation complémentaire sur <i>Actinidia arguta</i>	41
3.	Limites de l'étude	22
CONCLUSION ET PERSPECTIVES		23
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		24

Glossaire

Anémophile : transport des grains de pollen grâce au vent

Anthère : structure supérieure des étamines d'une fleur, qui contient les sacs polliniques remplis de grains de pollen

Baie : fruit charnu qui contient souvent plusieurs graines et se distingue de la drupe par son endocarpe charnu

Calibre : poids unitaire d'un fruit

Charpentièrre : Structure prolongeant le tronc du pied d'*Actinidia* et qui supporte les latérales. Elle est conduite sur le fils principal le long du rang.

Degrés Brix : fraction de sucre dans un liquide, mesuré grâce à un réfractomètre

Déhiscence : ouverture spontanée des sacs polliniques des anthères permettant la libération des grains de pollen

Dioïque : ce dit d'une plante dont les individus sont unisexués : l'individu qui portent les organes reproducteurs mâles est distinct de celui qui porte les organes femelles

Eclaircissage : étape naturelle ou artificielle qui permet la suppression de certains fruits dans le but de favoriser le grossissement des autres

Entomophile : transport des grains de pollen grâce aux insectes

Gave : nom générique pour les petits cours d'eau

Latérale : Structure tertiaire conduite chaque année sur palissage et qui supporte les pousses fructifères

Nectar : substance sucrée produite par certaines fleurs et butinée par certains organismes nectarifères

Nouaison : étape après la fécondation pendant laquelle l'ovaire de la fleur se transforme en fruit

Ovule : gamète femelle qui se transforme en graine après fécondation

Palissage en T-barre : type de support en forme de « T » permettant le soutien des charpentières et des latérales

Phénotype : ensemble des caractéristiques morphologiques observables chez une espèce, contraire de génotype

Pollen de ruche : grains de pollen sous forme de pelotes provenant du butinage des abeilles

Pollen pur : pollen provenant d'une récolte manuelle des fleurs

Pollinisation complémentaire : méthode d'application du pollen réalisée en complément de la pollinisation naturelle

Stigmate : structure supérieure du pistil d'une fleur femelle, qui réceptionne le pollen

Variété mâle précoce : *A. arguta* var. B4G4

Variété mâle tardive : *A. arguta* var. K1J6

Liste des abréviations

AKF : Alliance Kiwi France

mm : millimètre

MP : mâle précoce

MT : mâle tardif

Ratio 1 : 8 : un mâle pour 7 femelles

SCAAP : Société Coopérative Agricole d'Amou et des Producteurs

T : tonnes

var : variété

Liste des annexes

Annexe I : Echelle de notation visuelle des calibres sur arbres avec gabarits

Annexe II : Représentations graphiques du pourcentage de fruits pour les différentes classes de calibre de l'essai 1

Annexe III : Représentations graphiques de l'homogénéité d'échantillonnage de l'essai 2

Annexe IV : Représentations graphiques du nombre de fruits pour chaque classe de calibre de l'essai 2

Annexe V : Matrice de corrélation entre les différentes variables étudiées pour l'essai 2

Liste des illustrations

Figure 1 : Photos montrant la diversité phénotypique de fruits du genre *Actinidia*

Figure 2 : Photos des variétés les plus connues : HAYWARD (*A. deliciosa*) à chair verte à gauche, et SORELI (*A. chinensis*) à chair jaune

Figure 3 : Photos des 2 variétés *A. arguta* var. TAHI (gauche) et RUA (droite) et une barquette 125 grammes NERGI® (SOFRUILEG 2017)

Figure 4 : Photo d'un inter-rang de verger d'*A. arguta* var. TAHI sous filets paragrêles (SOFRUILEG 2015)

Figure 5 : Photo d'une fleur mâle *A. arguta* var. B4G4 (source : Häberli Beeren –Nostino internet) et photo d'une fleur femelle *A. arguta* var. TAHI (en bas). A droite schéma des fleurs *A. deliciosa* respectif de chaque sexe en section longitudinale

Figure 6 : Schéma d'une conduite d'*Actinidia* en T-barre

Figure 7 : Photo d'un fruit d'*A. arguta* de la variété ANANASNAYA (Latocha 2012)

Figure 8 : Corrélation positive entre le nombre de graine contenu dans un fruit et son calibre : *A. deliciosa* var. HAYWARD

Figure 9 : Photo d'une grappe de 12 fruits NERGI® (*A. Arguta* var. TAHI) aux calibres hétérogènes

Figure 10 : Nombre de graines moyennes par fruit en fonction de la distance du pied femelle au pied mâle (Goodwin *et al.*, 1999) à gauche et la dispersion des pieds femelles autour du pied mâle

Figure 11 : Schémas des différentes dispositions de verger - non exhaustifs pour un ratio 1 : 8

Figure 12 : Corrélation entre le pourcentage de fruits noués et le pourcentage de réceptivité stigmatique d'une fleur HAYWARD pollinisée à 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 jour après anthèse

Figure 13 : Photo de jards à pollen montrant du pollen pur à gauche et du pollen de ruche à droite (Mangin, 2016)

Figure 14 : Photos de trappes à pollen, du collecteur et des abeilles qui perdent leur pelotes (inconnu, 2014)

Figure 15 : Photo du pulvérisateur à dos manuel (SOLO) utilisé pour la pollinisation assistée sur HAYWARD et SORELI en 2016 et en 2017 sur TAHI

Figure 16 : Périodes de floraison observées en 2017 sur les différentes variétés de pieds *A. arguta*.

Figure 17 : Image satellite de la parcelle 299.2 (GoogleEarth, 13/06/2017)

Figure 18 : Schéma de la parcelle 299.2 utilisée pour l'essai 1

Figure 19 : Image satellite de la parcelle 257.7 (GoogleEarth, 13/06/2017)

Figure 20 : Schéma de la parcelle 257.7 utilisée pour l'essai 2.

Figure 21 : Installation du matériel utile à la pollinisation assistée par voie humide (Photo prise le 23/05/2017, source : auteur)

Figure 22 : Pulvérisateur à dos fabrication italienne

Figure 23 : Corrélation entre le calibre du fruit et son nombre de graines

Figure 24 : Histogramme empilé représentant le pourcentage de fruits par type de calibre pour chaque modalité de l'essai 1

Figure 25 : Poids moyen des fruits pour chaque modalité de l'essai 1

Figure 26 : Histogrammes empilés représentant les effectifs (%) de la répartition des différents calibres par modalité de l'essai 2 (n=20) avant (à gauche) et après récolte (à droite)

Figure 27 : Poids moyens des fruits par modalités de l'essai 2

Figure 28 : Courbe de corrélation exponentielle négative (Test de corrélation de Spearman $p=0,02$ et $\rho=-0,49$) représentant la corrélation entre le nombre de fruits de calibre XS et L de l'essai 2

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification mise en place par la SCAAP pour différencier les différents calibres de fruits TAHI

Tableau 2 : Besoins théoriques de pollen, nécessaire à la pollinisation optimale d'un verger Hayward

Tableau 3 : Conditions d'application des traitements de pollinisation assistée au pollen pur et pollen de ruche sur l'essai 2, pour les deux passages

Tableau 4 : Catégorie de calibre en fonction de la provenance des données et correspondance en poids unitaire (grammes)

Tableau 5 : Récapitulatif des résultats observés sur l'essai 1 après récolte par arbre

Tableau 6. a : Récapitulatif des résultats observés sur l'essai 2 avant récolte et sur 6 latérales échantillonnées par arbre

Tableau 6. b : Récapitulatif des résultats de l'essai 2 après récolte et sur 6 latérales échantillonnées par arbre

Evaluation de la qualité de pollinisation d'un verger d'*Actinidia arguta* var. TAHI et de l'intérêt d'une pollinisation complémentaire

INTRODUCTION

L'*Actinidia* spp. produit une baie, appelée « kiwi », qui est aujourd'hui présente sur le marché mondial et connue du grand public grâce notamment à la première espèce domestiquée *A. deliciosa* var. HAYWARD ou kiwi à chair verte, qui représente la plus grosse production mondiale. La culture de cette liane a débuté dans les années 60, elle est donc récente au regard des autres cultures fruitières. La filière se diversifie dans les années 2000 avec la domestication de nouvelles espèces comme l'*Actinidia chinensis* qui se distingue par ses fruits à chair jaune ou rouge, ou encore par la sélection de nouvelles variétés plus résistantes. Plus récemment l'espèce *Actinidia arguta* (Sieb. et Zucc.) a fait son apparition dans les vergers de la Société Coopérative Agricole d'Amou et de ces Producteurs de kiwifruits de France (SCAAP KIWIFRUIT de France), avec une production de petits fruits à peau lisse entièrement comestibles qui tend à prendre de l'ampleur depuis ces 3 dernières années.

La valeur économique d'un verger d'*A. arguta* est en partie conditionnée par le calibre de ses fruits qui est un critère quantitatif influençant le revenu du producteur. Ce calibre est fortement dépendant de la qualité de pollinisation des fleurs femelles. Or, cette pollinisation est limitée par le caractère dioïque de l'*Actinidia* qui nécessite un apport et une dispersion importante de pollen au sein du verger. Pour cela, l'introduction et une bonne gestion des individus mâles dans le verger est donc indispensable pour limiter la production de fruits de petits calibres, non-commercialisables. De plus, ces petits calibres sont à l'origine d'un coût main d'œuvre très élevé à la récolte, impactant une fois de plus le bénéfice du producteur.

Ce travail s'inscrit donc dans une volonté de diminuer le nombre de petits calibres non-commercialisables. L'objectif de cette étude est (i) d'évaluer l'intérêt d'un nouveau schéma de répartition des pieds mâles et (ii) de déterminer s'il est possible d'augmenter le nombre de fruits commercialisables en améliorant leur calibre grâce à des méthodes de pollinisation assistée. Afin de comprendre en détail les différentes problématiques, le contexte économique et historique de l'*Actinidia* spp. seront d'abord abordés. La biologie et l'itinéraire cultural de l'espèce *A. arguta* seront ensuite présentés ainsi que d'autres éléments indispensables à la compréhension du sujet. Enfin, le dispositif expérimental, les résultats et leurs analyses seront détaillés.



Figure 1 : Photos montrant la diversité phénotypique de fruits du genre *Actinidia* ; à droite fruits entiers, à gauche fruits coupés en deux (Tianchi et Andrew, 2012)



Figure 2 : Photos des variétés les plus connues : HAYWARD (*A. deliciosa*) à chair verte à gauche, et SORELI (*A. chinensis*) à chair jaune à droite (Prim'land, 2017 et <http://www.aquitaineonline.com/tourisme-sud-ouest/gastronomie/6837-recette-informartion-cuisiner-le-kiwi.html>)

CONTEXTE

1. Le kiwi : contexte général et économique

1.1. Le genre *Actinidia*

Le kiwi est un fruit produit sur une liane du genre *Actinidia* qui a pour origine l'Asie du Sud-Est. Ce genre compte une cinquantaine d'espèces décrites avec une forte diversité phénotypique de fruits (Huang 2016) (Fig.1), mais seule une faible part du pool génétique a été exploitée (Ferguson 1991). En effet, c'est au début du XX^{ème} siècle que deux de ces espèces ont été domestiquées par les néozélandais : *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C.F Liang et A.R Ferguson, kiwi à chair verte et *Actinidia chinensis* (Planch.), kiwi à chair jaune. A partir des années 1960, le kiwi se développa et commença à être introduit et acclimaté en Europe. Ce sont les années 1980 qui signent le début de la culture du kiwi au niveau mondial.

1.2. Dans le monde et plus précisément en France

Entre 1980 et 2000, la superficie mondiale de la culture du kiwi a été multipliée par 13,5 passant ainsi de 4000 ha à 54 000 ha. Cette superficie représente aujourd'hui plus de 74 000 ha en 2014, avec une production estimée à plus de 1 600 000 tonnes/an (Chine exclut) (Faostat, 2014). Représentée majoritairement par *A. deliciosa* var. HAYWARD (Fig.2), le kiwi vert représente 80% du marché mondial contre 20% pour le kiwi jaune (Caruel, 2017, communication personnelle). L'Italie est le leader mondial et se distingue avec une production de 507 000 tonnes (Faostat, 2014), suivi de la Nouvelle Zélande organisée en collectivité sous la société Zespri, puis le Chili, la Chine et la Grèce.

La France avec 7 fois moins de tonnes produites par rapport au leader (56000 tonnes) se place au 6^{ème} rang mondial et 3^{ème} rang européen (CSO/IKO, 2014) où le kiwi y est la 6^{ème} production fruitière (France AGRIMER, 2015). Sa culture se répartie sur le territoire dans trois régions précises : l'Aquitaine avec 55%, les Midi-Pyrénées 22% et les Rhône-Alpes 9% (AGREST, 2014), avec des kiwiculteurs regroupés au sein de 4 coopératives nationales.

Cette production fruitière est marquée par un fort attrait des consommateurs pour ce fruit récent vis à vis de la filière fruits et légumes, avec une augmentation remarquable de 11% de la consommation des ménages français en 2015 (KANTAR cité par FranceAGRIMER, 2016).

1.3. La SCAAP et ses filiales

La Société Coopérative Agricole d'Amou et des Producteurs de KIWIFRUIT de France (SCAPP) est la première en date et plus importante coopérative française productrice de kiwis avec ¼ de la production française. Implantée depuis 1982 à Labatut dans les Landes, elle regroupe plus de 350 kiwiculteurs qui profitent de la vallée des gaves aux sols riches et drainants et d'un climat océanique favorable. Elle est organisée en trois pôles avec une station de collecte de conditionnement et de conservation ; une activité commerciale, gérée par la filiale Prim'land qui



Figure 3 : Photos des 2 variétés *A. arguta* var. TAHI (gauche) et RUA (droite) et une barquette 125 grammes NERGI® (SOFRUILEG, 2017)



Figure 4 : Photo d'un inter-rang de verger d'*A. arguta* var. TAHI sous filets paragrêles (SOFRUILEG, 2015).

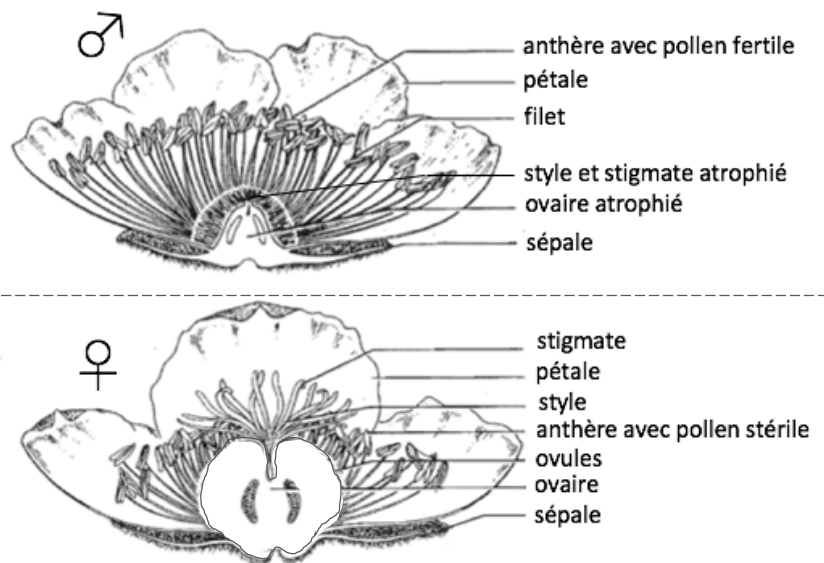


Figure 5 : Photo d'une fleur mâle *A. arguta* (Häberli Beeren, 2017) et photo d'une fleur femelle *A. arguta* var. TAHI (en bas). A droite schéma des fleurs *A. deliciosa* respectif de chaque sexe en section longitudinale (modifié d'après McGregor, 1976 cité par Hii, 2004).

anime les stratégies de vente et de commercialisation ; et sa filiale R&D SOFRUILEG, en charge de développer de nouvelles solutions techniques et variétales (Caruel, 2017, communication personnelle). Depuis 2004, cette dernière filiale est à l'origine de l'élargissement de la gamme commerciale de kiwi permettant d'ajouter de la valeur à la chaîne d'approvisionnement des marchés existants (Cloutet, 2010). La production est ainsi commercialisée sous la marque OSCAR® et délivre les variétés HAYWARD (*A. deliciosa*), SORELI (*A. chinensis*) et SUMMERKIWI™ (*A. deliciosa*), variété de kiwi vert précoce. Et enfin les variétés RUA et TAHI, des petites baies d'une nouvelle espèce d'*Actinidia* : *Actinidia arguta* commercialisée pour la première fois en 2014 sous la marque NERGI® (Fig.3).

2. *Actinidia arguta*

2.1. *Biologie*

L'*A. arguta* (kiwaï, kiwi de Sibérie ou hardy kiwi) a la particularité de résister à des conditions extrêmes allant de -23 à -32°C (Strik et *al.*, 2003) contrairement aux kiwis traditionnels. Elle est une liane pérenne à feuille caduque (Cahuzac, 1982) (Fig.4) se comportant comme une plante **dioïque** : avec des individus mâles et femelles distincts (Ferguson, 1991). Les deux individus sexués sont indispensables pour donner des fruits. En effet, les fleurs des pieds mâles qui produisent du pollen viable ont les ovaires atrophiés (Fig.5), alors que les fleurs femelles possèdent des ovaires volumineux fonctionnels avec de nombreux stigmates et produisent du pollen stérile (Ferguson, 1991).

La durée de la floraison, qui varie en fonction des variétés et des sexes, est fortement dépendante des conditions climatiques et s'étale sur une quinzaine de jours environ en fonction des années (autour du 10-15 Mai en France). Un arbre peut produire jusqu'à 11 000 fleurs chez *A. arguta* var. ANANASNAYA sans que de phénomène d'alternance ne soit observé (Tiyayon et Strik, 2003). Latocha (2012) parle d'environ 5000 fleurs chez la variété TAHI. Réparties sous forme de grappes le long des latérales, ces fleurs donneront fructification d'une petite baie sans poils (Fig.3) entièrement comestible (Boyd et *al.*, 2002). La maturité des fruits apparaît 90 jours après fécondation, soit une récolte prévue mi-août, avec 40 à 50 kg de fruit par arbre pour un verger en pleine production (Bec, 2017).

2.2. *Itinéraire de culture*

Afin d'améliorer le développement des lianes et leurs fructifications en verger, les néozélandais ont conduit et structuré leur croissance de manière particulière (Hennion, 2003). Deux charpentières sont conduites de part et d'autre du tronc et dirigées le long du rang (Fig.6) formant ainsi la structure pérenne du pied. Celles-ci supportent tous les ans les cannes ou latérales palissées sur des T-barres qui produiront des pousses fructifères ou non au printemps. Ce type de palissage permet une meilleure circulation des abeilles et un accès plus aisé des machines

entre les rangs. Les pieds mâles et femelles sont conduits de la même manière de façon à simplifier le travail de la main d'œuvre.

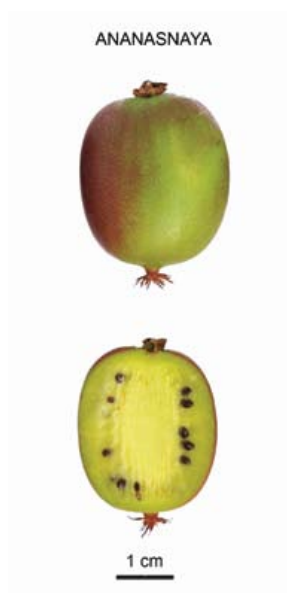
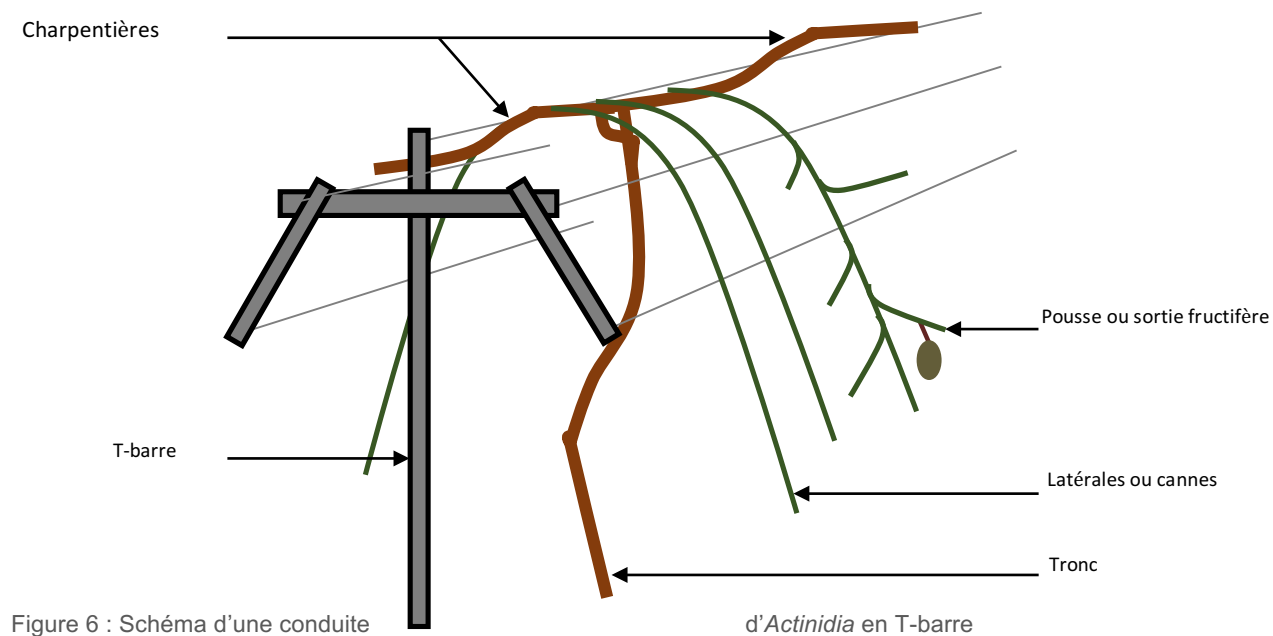


Figure 7 : Photo d'un fruit d'*A. arguta* de la variété ANANASNAYA (Latocha, 2012)

Contrairement au kiwi vert et jaune, *A. arguta* ne nécessite pas d'éclaircissage. De plus, l'installation de filets paragrêles foncés sont préconisés car les fruits sont très sensibles aux

coups de soleil, au vent et à la grêle (Bec, 2017). De même que la taille « en vert » à la reprise de végétation en Juin-Juillet, généralement préconisée chez *A. deliciosa* et *A. chinensis* pour laisser pénétrer la lumière au sein de la canopée, est ici régulée pour créer de l'ombrage supplémentaire. Au début du printemps, un apport azoté, phosphore et calcique jusqu'à la nouaison sont préconisés. Au cours de la maturation du fruit un apport supplémentaire de potassium est préconisé pour le grossissement du fruit (Hennion, 2003). Concernant l'irrigation, elle est indispensable au grossissement du fruit (de Juin à Juillet) mais dépend des conditions climatiques et des besoins de la plante, avec une estimation du besoin en eau par arbre par jour de 8 à 10 millimètres en période estivale (AKF, 2016).

2.3. Ventes

SOFRUILEG est le seul détenteur au niveau européen (licence d'exploitation exclusive) pour la multiplication et la production des fruits provenant des deux variétés RUA et TAHI (SOFRUILEG, 2012). Il gère ainsi plus de la moitié des surfaces NERGI® mondiales, soit 170 ha répartis entre la France, le Portugal, l'Italie et l'Ukraine pour une proportion 2/3 TAHI et 1/3 RUA (Caruel, 2017, communication personnelle). Avec une préférence pour les marchés germaniques et scandinaves les ventes de ce nouveau produit doivent suivre la production exponentielle des vergers approchant la pleine production. Heureusement, celles-ci ne cessent de croître, avec une augmentation par dix du nombre de barquettes vendues en 2016 (5 000 000 en 2016 contre 500 000 en 2014). Avec des prévisions de vente 2018 portées à 8 000 000 barquettes, la coopérative se doit d'optimiser sa production en quantité et en qualité (Caruel, 2017, communication personnelle).

2.4. Etats des connaissances actuelles

A. arguta a longtemps été considérée comme une espèce mineure jusqu'à être introduite dans des programmes de sélection au début des années 80 (Latocha, 2012). Leur apparition sur le marché mondiale en 2008 marque le lancement de la culture à grande échelle (Bec, 2017). Or, cette rapide commercialisation fait que les exigences et pratiques culturales ont fortement été inspirées des espèces de kiwi verte et jaune (Strik et al., 1998; Boyd et al., 2002). Aussi, le nombre d'études disponibles et se référant spécifiquement à l'espèce *A. arguta* y est limité. Seuls quelques éléments existent sur la variété la plus cultivée *A. arguta* var. ANANASNAYA (Fig.7). Par conséquent, les éléments de bibliographies présentés ci-dessous se basent majoritairement sur l'expérience des cultures d'*A. deliciosa* et *chinensis* ou sur l'expérience de la coopérative et de ses producteurs.

Tableau 1 : Classification mise en place par la SCAAP pour différencier les différents calibres de fruits TAHI

Classes de calibres	XS	S	M	L
Critères de distinction	<6g	Entre 6 et 8g	Entre 8 et 12g	12g et 17g+

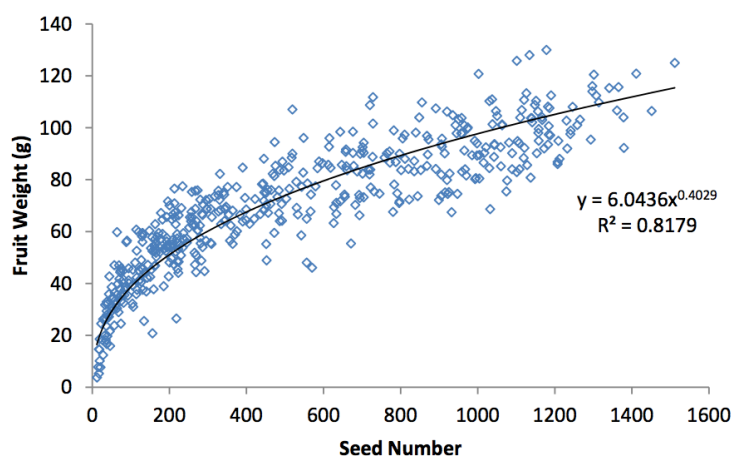


Figure 8 : Relation positive entre le nombre de graine contenu dans un fruit et son calibre : *A. deliciosa* var. HAYWARD suite à des essais de pollinisation année 2012-2013 (Goodwin et McBrydie, 2013).



Figure 9 : Photo d'une grappe de 12 fruits NERGI® (*A. Arguta* var. TAHI) aux calibres hétérogènes (prise le 06/06/2017)

3. Importance de la pollinisation pour l'amélioration des calibres

3.1. Le calibre : un critère important en production NERGI®

La présentation visuelle des fruits d'*A. arguta* est un critère indispensable à leur commercialisation réalisée en barquettes transparentes. De fait le cahier des charges impose des critères stricts concernant l'aspect visuel et le calibre (Caruel et Bec, 2016). Ce dernier définit comme le poids unitaire du fruit à l'impératif chez *A. arguta* d'être supérieur à 6g pour être conditionné (Caruel, 2017, communication personnelle). Plusieurs catégories de calibre (Tab.1) ont été définies de manière à conditionner les fruits dans les barquettes avec une unité de poids homogène (Caruel et Bec, 2016).

3.2. Lien entre calibre et pollinisation

Chez le kiwi vert (Hopping, 1976; Goodwin et McBrydie, 2013) et chez la variété ANANASNAYA (Tiyayon et Strik, 2003, 2004; Pescie et Strik 2004) le calibre est directement corrélé au nombre de graines présent dans le fruit (Fig.8). En effet, les graines formées suite à la fécondation des ovules produisent des hormones qui stimulent le grossissement du fruit (Hopping, 1976). Aussi, les fruits petits et malformés souvent retrouvés chez ANANASNAYA (Strik et al., 1998) ; Tiyayon et Strik, 2003) produisent peu de graines.

Par ailleurs, le nombre de graines contenu dans un kiwi vert est corrélé au nombre de grains de pollen déposés sur les surfaces stigmatiques de la fleur femelle. En effet, plusieurs grains de pollen sont nécessaires pour féconder un seul ovule (Jerram et Hopping 1979; Greatti et Barbattini, 2015; Devi, Thakar, et Garg, 2015). A ce sujet, Hopping (1976) a montré chez *A. deliciosa* que 1500 ovules nécessitent 12000 grains de pollen pour être totalement fécondés. Par la fécondation d'un maximum d'ovules, la pollinisation est donc l'étape indispensable à la mise à fruit et au grossissement du fruit (Goodwin, 2000). Toutefois ce dernier est aussi influencé par les différentes interventions culturales comme la taille, l'irrigation ou la fertilisation. Pescie et Strik (2004) ont éclairci les grappes et augmenté le nombre de fruits commercialisables, sans pour autant modifier les volumes finaux.

La qualité de la pollinisation est alors dépendante du nombre de grains de pollen apporté sur la fleur femelle. Son succès repose donc principalement sur la disponibilité en pollen et sa capacité à être disséminée au sein du verger.

PROBLEMATIQUE ET SUJETS D'ETUDES

1. Problème lié aux fruits de petits calibres

Au vu de la 3^{ème} année de production la SCAAP constate des hétérogénéités de calibres (Fig.9) au sein des vergers TAHI avec des poids de fruit inférieurs à 6g pouvant conduire à des pertes de rendement jusqu'à 10% (Caruel, 2017, communication personnelle). Ces derniers entraînent des surcoûts de récolte dus à un temps de ramassage plus long et pénible (pouvant passer de 8kg/heure à 18kg/heure pour un verger correctement pollinisé) et qui, ne seront pas valorisés.

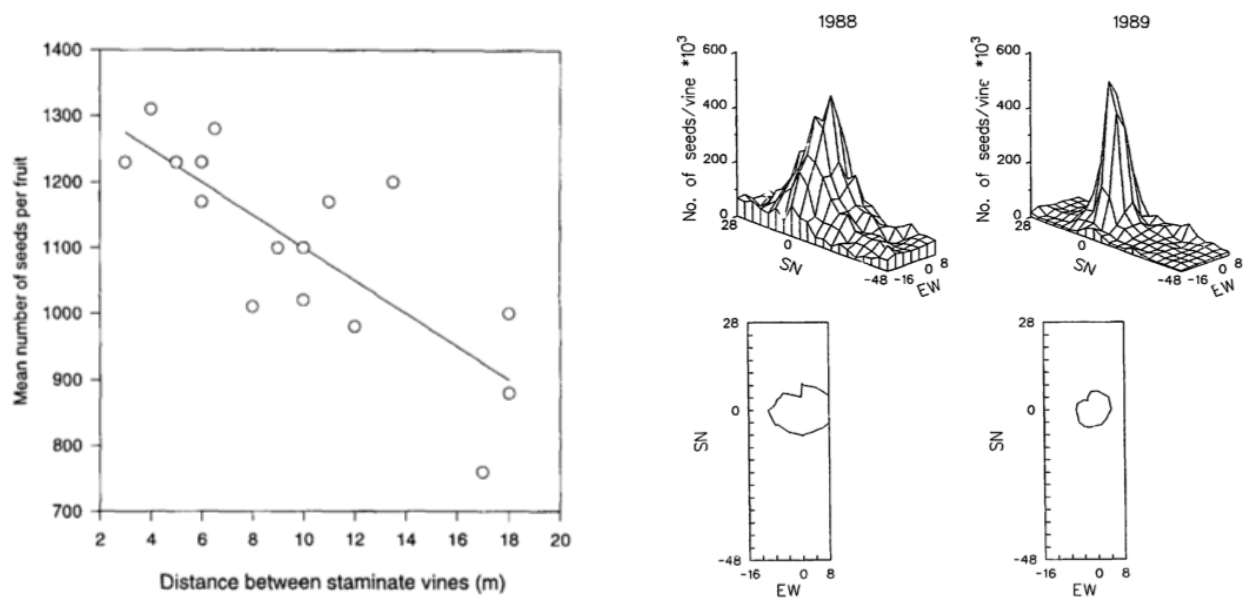


Figure 10 : Nombre de graines moyennes par fruit en fonction de la distance du pied femelle au pied mâle (Goodwin *et al.*, 1999) à gauche et la dispersion des pieds femelles autour du pied mâle qui présentent plus de 50% du maximum de nombre de graines comptés par pied sur deux années (Testolin, 1991). SN, EW : gradients des points cardinaux : sud-nord, est-ouest.

Qui plus est, le coût de récolte est la charge la plus importante en culture *A. arguta* (Bec, 2017). Pour limiter ce nombre de petits fruits, la coopérative s'intéresse à deux sujets d'étude concernant l'amélioration de la pollinisation, à savoir :

- La répartition des pieds mâles dans le verger d'une part ;
- Et l'apport de pollen en complément d'autre part ;

Le contexte spécifique de chacun de ces sujets d'études sera détaillé indépendamment ci-dessous, afin de comprendre leur importance dans l'objectif d'amélioration du nombre de fruits commercialisables.

2. Importance de la gestion des pieds mâles

L'introduction de pieds mâles dans le verger est indispensable du fait du caractère dioïque de l'*Actinidia*. Ces derniers improductifs, prennent la place potentielle d'un pied femelle, réduisant alors le rendement à l'hectare. De ce fait l'introduction des pieds mâles est à réfléchir de façon à optimiser ce rendement et ainsi gérer au mieux la disponibilité en pollen au sein du verger. Pour cela, le choix des variétés mâles, leur densité et leur répartition (Boyd *et al.* 2002; Brantley, 2016) sont des critères à prendre en compte.

2.1. Choix des mâles

Les variétés sont sélectionnées pour coïncider avec la floraison de la variété femelle (Gonzalez, Coque et Herrero, 1994). Généralement, deux variétés mâles sont choisies, l'une à floraison précoce (mâle précoce : MP) et l'autre à floraison tardive (mâle tardif : MT) par rapport à celle de la variété femelle. Elles sont de plus sélectionnées du fait de leur importante production de fleurs donc de pollen (Gonzalez, Coque et Herrero, 1994). Mais d'après Goodwin *et al.* (1999) un pied mâle qu'il soit peu ou très productif n'impacterait pas ou très peu le calibre du fruit. D'après eux, la dimension de canopée des pieds mâles pourrait alors être diminuée.

2.2. Densité

Depuis le début de leur culture, les espèces d'*A. arguta* sont généralement organisées suivant une densité de 1 mâle pour 7 femelles (ratio 1 : 8). Mais des ratios de 1 : 3, 1 : 5 et 1 : 6 sont aussi préconisés dans le cas de variétés de kiwi vert (Strik *et al.*, 1998). En effet, Goodwin *et al.* (1999) montrent qu'augmenter ce ratio ne permet pas d'augmenter le calibre de façon significative (dans les conditions climatiques de Nouvelle Zélande) et qu'un ratio 1 : 3 est équivalent à 1 : 8.

Dans une configuration 1 : 8 où les pieds sur le rang sont espacés de 4 mètres, la femelle la plus éloignée du mâle sur le rang se situe alors à environ 16m du mâle. Et d'après les études de Testolin (1991) et Goodwin *et al.* (1999) sur *A. deliciosa*, cette distance permettrait une pollinisation efficace malgré une légère diminution du calibre en s'éloignant du mâle (Fig.10). Au-

delà de cette distance les calibres ne sont plus conformes (Testolin, 1991). Il préconise donc de greffer une charpentière mâle en plus sur un pied femelle tous les 17m environ.



Figure 11 : Schémas des différentes dispositions de verger - non exhaustifs pour un ratio 1 : 8, avec ♂ symbole des pieds mâles et x des pieds femelles.

Mais cette alternative demande une attention particulière au moment de la taille qui diffère entre mâles et femelles. Il est aussi préconisé de raccourcir les charpentières mâles pour laisser croître celles des femelles dans l'espace ainsi libéré (Testolin, 1991).

La densité des mâles à elle seule ne garantit pas une bonne pollinisation, leur répartition au sein du verger est tout aussi importante.

2.3. Répartitions

Les pieds mâles peuvent être plantés de différentes manières dans la parcelle mais il est suggéré de les disposer le plus uniformément possible (Devi, Thakar et Garg, 2015) pour que chaque femelle dispose d'un mâle à proximité. Initialement, dans les plantations de kiwi vert, seul un rang sur deux contenait des pieds mâles (Fig.11 Plan A) puis progressivement la répartition a évolué pour suivre les plans B et C. Les premières plantations NERGI® ont été implantées suivant le Plan C (Fig.11), mais depuis 2015, une nouvelle préconisation de plantation a été conseillée par les techniciens de la SCAAP. Celle-ci se dispose en quinconce et se différencie par un décalage d'un pied à chaque nouveau rang et en alternant sur la rangée avec un pied MP et un pied MT (Fig.11 Plan D).

2.4. Effet rang

Par ailleurs, la pollinisation étant assurée en majorité par les abeilles, des études montrent qu'en palissage T-barre, les rangs sans pieds mâles ont des rendements plus faibles (Goodwin, 1987 cité par Goodwin *et al.*, 1999) car le butinage et le déplacement des abeilles se font surtout le long du rang (Jay et Jay 1984). On comprend alors l'intérêt de disposer des pieds mâles dans chaque rang (Sale, 1984 cité par Goodwin *et al.*, 1999).

3. Importance de la dissémination du pollen

Si le pollen est en quantité suffisante dans le verger, il doit encore être transporté jusqu'aux stigmates des fleurs femelles. En conditions naturelles, le vent et les insectes sont les agents pollinisateurs, mais une pollinisation complémentaire peut être réalisée.

3.1. Dissémination naturelle

La pollinisation anémophile (par le vent) seule n'est pas suffisante pour produire des calibres d'intérêts commerciale (Clinch *et al.* 1985 ; Costa *et al.*, 1993 ; Wilson, 1990 ; Goodwin *et al.*, 2013). Elle s'ajoute à l'activité des insectes pollinisateurs, acteurs majeurs de la pollinisation (Malaboeuf cité par Monteil, date inconnue). Lorsque la population d'insectes butineurs sauvages est faible, l'introduction de ruches d'abeilles (8 ruches/ha) (Morton, 1987) ou de colonies de bourdons (Minarro et Twizell, 2015) en début de floraison peuvent améliorer la pollinisation. Cependant, les calibres espérés ne sont pas toujours atteints (Costa *et al.*, 1993) car ces insectes

seraient peu attirés par les fleurs *Actinidia* (Valenzuela and König, 1991 cité par Razeto et *al.*, 2005). En effet, celles-ci ne produisent

Tableau 2 : Besoins théoriques de pollen, nécessaire à la pollinisation optimale d'un verger Hayward (d'après Malaboef cité par Hennion, 2003 ; Mangin, 2016), avec estimation basse et haute.

Poids d'un fruit (g)	100	
Rendement (T/ha)	40	
Nombre d'arbres femelles / ha	500	
Nombre de fleurs / arbre	800	
Nombre de graines / fruits	1000	
Hypothèse de consommation	Basse	Haute
Nombre de grains de pollen / graine	5	10
Nombre de grains de pollen / fruit	5000	10000
Nombre de grains de pollen / gramme	250000000	5000000
Quantité de pollen nécessaire /ha	2000000000	4000000000
Grammes de pollen / ha	8	800

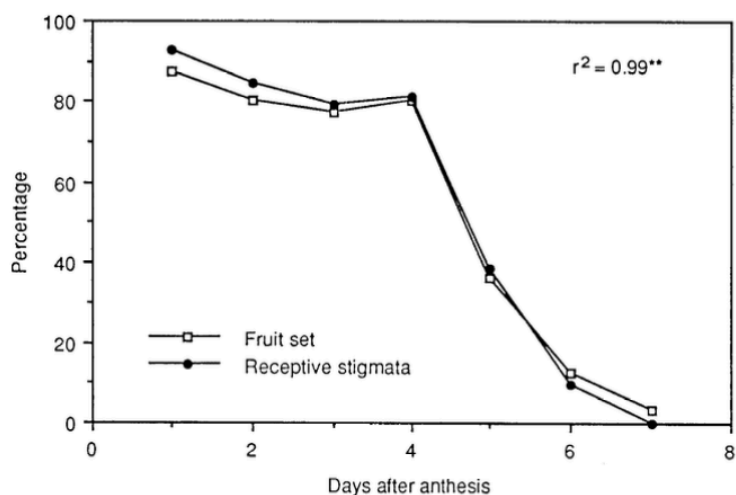


Figure 12 : Graphique représentant la corrélation entre le pourcentage de fruits noués et le pourcentage de réceptivité stigmatique d'une fleur HAYWARD pollinisée à 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 jour après anthèse ($P < 0,01$) (González et *al.*, 1995).

pas de nectar (Hopping, 1990; Palmer-Jones et Clinch, 1974) mais libèrent un parfum plus fort chez les fleurs mâles (Goodwin, 2000).

De plus, leurs activités sur le verger de kiwis peuvent être affectées par les conditions météorologiques défavorables et les inflorescences attractives des espèces environnantes (Costa *et al.*, 1993). Toutefois, il semblerait que les fleurs mâles *A. arguta* soient plus attractives que chez les kiwis vert et jaune (Bec, 2017, communication personnelle).

3.2. *Dissémination artificielle*

Lorsque des situations sont défavorables à la pollinisation naturelle ou lorsque la disponibilité en pollen est faible, la pollinisation assistée peut être utilisée. Elle consiste à appliquer du pollen en complément sur les stigmates des fleurs femelles. Cette pratique s'est répandue en Nouvelle Zélande dans les années 80, suite à une expansion rapide des vergers (Goodwin, 2000) où les insectes étaient alors en nombre insuffisant.

3.2.1. Méthodes d'application

D'après Costa *et al.* (1993), seul l'apport de pollen de façon manuelle fleur par fleur peut garantir la production d'un fruit à son calibre maximum. Cependant c'est une méthode difficilement reproductible à l'échelle de l'arbre entier : trop coûteuse et longue à mettre en place. L'industrie de production du pollen ainsi que diverses méthodes d'applications se sont alors développées. Elles se basent sur le principe de diffusion du pollen par voie humide ou voie sèche (Mangin 2016 ; Hii, 2004) décrites ci-dessous.

La voie humide consiste à mélanger du pollen dans une solution d'eau déminéralisée sucrée complétée d'acide borique (Hopping et Hacking, 1983). L'eau déminéralisée est indispensable du fait de la sensibilité du pollen aux ions métalliques (Hopping et Hacking, 1983) et le sucre permet d'accélérer la germination du pollen. L'acide borique (H_3BO_3) forme un complexe avec le saccharose et facilite la translocation de celui-ci (Bhattacharya et Mandal, 2004). Ce traitement par voie humide doit être réalisé rapidement, car la capacité germinative du pollen diminue une heure après préparation de la solution (King et Ferguson, 1991). De plus, il permettrait d'obtenir des résultats inférieurs mais proches de la pollinisation manuelle (Razeto *et al.*, 2005) et serait efficace en conditions pluvieuses (King et Ferguson, 1991). L'inconvénient principal réside dans la nécessité d'appliquer le mélange dans les 60 à 80 minutes (Kiwi Pollen Limited, 2002).

La voie sèche quant à elle se rapproche de la pollinisation anémophile. Elle consiste à pulvériser du pollen seul ou en association d'un agent poudrant inerte ou neutre pour le pollen et la fleur (Mangin, 2016). Cette technique a l'avantage de disperser le pollen plus librement et de permettre sa redistribution éventuelle par les insectes pollinisateurs vers d'autres fleurs (King et Ferguson, 1991).



Figure 13 : Photo de jars à pollen montrant du pollen pur à gauche et du pollen de ruche à droite (Mangin, 2016)



Figure 14 : Photos de trappes à pollen, du collecteur et des abeilles qui perdent leur pelotes (inconnu, 2014)

3.2.1. Besoins en pollen et périodes d'application

Les doses préconisées varient beaucoup en fonction des auteurs. D'après les besoins théoriques calculés par Mangin (2016), 1ha de verger Hayward nécessite entre 8g à 800g de pollen / ha (Tab.2) sans prendre en compte les pertes en pollen égaré et non viable. Strick *et al.* (Strik *et al.*, 1998) quant à eux parlent d'une concentration de 2500g/ha. Les études menées par Mangin (2016) montrent en pratique une utilisation de pollen entre 100g et 1100g/ha en fonction de la méthode du moyen de pulvérisation utilisé. Par ailleurs, (Hopping et Simpson, 1982) montrent des résultats intéressants à partir d'une concentration en pollen de 0,5g/Litre.

De la même manière, la période d'application est largement discutée. Certains préconisent une application dès 10% de floraison à raison d'une application par jour jusqu'à la fin de la floraison (Strik *et al.*, 1998). D'autres conseillent une application en fin de floraison avec 2 ou 3 applications à 70%, 90% et après 100% de floraison, même après que soient tombés les pétales (Bec, communication personnelle). En effet, Hopping (1981) parle d'une réceptivité stigmatique de la fleur femelle jusqu'à 8 jours après ouverture de la fleur. Pourtant, Gonzalez *et al.* (1995) montrent qu'à partir du 4^{ème} jour après anthèse, cette réceptivité décroît diminuant alors le taux de nouaison (Fig.12). La réceptivité du stigmate de la fleur femelle au pollen est un critère particulièrement regardé pour ajuster cette période d'application. Au-delà des nombreux paramètres d'application variables entre les méthodes, l'origine du pollen est elle aussi discutée.

3.2.2. Sources de pollen

Le pollen industriel est dit « pur » (Fig.13), car mono-espèce et libéré de toute impureté. Il est issu d'une récolte manuelle et d'un procédé lourd et long rendant son prix élevé, jusqu'à 3000€/kg. Seul du pollen pur issu des mâles *A. deliciosa* est disponible de façon industrielle. Même si son prix est un facteur limitant en règle générale, il a l'avantage d'être aussi capable de polliniser les fleurs de l'espèce *A. arguta* (Pescie et Strik, 2004). Le pollen issu des mâles *A. arguta* a un coût 40 fois plus élevé du fait de la moindre quantité produite par ses fleurs (Bec, 2013).

Pour réduire le coût global du pollen industriel, la SCAAP cherche à le remplacer par du pollen issu des ruches d'abeilles (Fig.14) qui a l'avantage d'être beaucoup moins cher, environ 448 €/Kg (Hii, 2004). Il est récupéré grâce à des trappes placées à l'entrée des ruches : les pelotes de pollen disposées sur les pattes antérieures de l'abeille se coincent dans la trappe, se détachent et tombent dans le récupérateur. Cette trappe est à l'origine utilisée par les apiculteurs pour amplifier le travail des abeilles.

Or, ce pollen a l'inconvénient d'être multi-espèces puisque le butinage des abeilles n'est pas limité aux seuls arbres du verger et contient une proportion non négligeable de pollen femelle stérile. De plus, des questions se posent quant à la réelle viabilité du pollen récolté. La sécrétion à base d'enzymes et de nectar produite par les abeilles pour agglomérer le pollen sur leur pattes pourrait éventuellement le dégrader, tout comme le fait de rester exposé à l'air libre pendant son transfert jusqu'à la trappe à pollen (Mangin, 2016).



Figure 15 : Photo du pulvérisateur à dos manuel (SOLO) utilisé pour la pollinisation assistée sur HAYWARD et SORELI en 2016 et en 2017 sur TAHI.

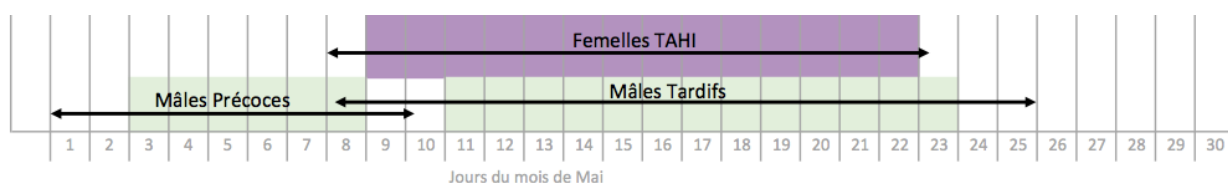


Figure 16 : Périodes de floraison observées en 2017 sur les différentes variétés de pieds *A. arguta*. Mâle précoce B4G4, Mâle tardif K1G6, Femelle TAHI. En vert : pleine floraison mâle, en violet : pleine floraison femelle. Les flèches représentent la date des premières fleurs ouvertes observées jusqu'à l'estimation des dernières fleurs fanées.

3.1. Essais de pollinisation assistée réalisés par la SCAAP

En 2016, l'étude de plusieurs méthodes artificielles a fait l'objet d'un stage sur les espèces *A. deliciosa* et *A. chinensis*. L'objectif était de déterminer la technique la plus efficace.

Le pulvérisateur à dos (Fig.15) semble être le moyen le plus simple à mettre en place en routine et permettrait une pollinisation significativement identique à la pollinisation manuelle (fleur à fleur) avec l'utilisation du pollen pur pour la variété SORELI (Mangin, 2016). Cependant sa consommation en pollen étant élevée, cette méthode coûte trop chère. Pour pallier à ce problème, d'autres sources de pollen ont été testées. Mangin (2016), ne montre pas de différence entre un traitement au pollen pur et au pollen de ruche en pulvérisation humide sur HAYWARD. Le pollen de ruche étant 7 fois moins cher que le pur, il pourrait donc rendre cette technique moins onéreuse.

4. Problématiques et hypothèses de travail

RAPPEL : La coopérative souhaite optimiser la pollinisation des fleurs d'*A. arguta* var. TAHI afin de limiter le nombre de petits calibres produits.

4.1. Réflexion sur la répartition des pieds mâles au sein du verger

Les schémas de plantation des vergers *A. arguta* sont identiques à ceux réalisés sur *A. deliciosa* et *chinensis*. A partir de 2013, les conseils de plantation préconisent de suivre la disposition Fig.11 Plan D avec deux types de pieds mâles plantés de façon alternée sur le rang. L'efficacité de ce nouveau plan n'a pas été validée et les techniciens et les producteurs ont remarqué que la floraison des MP (*A. arguta* var. BAG4) était presque terminée lorsque celle des femelles *A. arguta* var. TAHI commençait (Fig.16)

La coopérative souhaite vérifier si ce schéma de plantation permet une pollinisation homogène du verger, grâce à l'analyse des différents calibres produits. Les problématiques étudiées seront donc les suivantes :

« La distance entre les pieds mâles et femelles sur le rang a-t-elle un impact négatif sur la pollinisation des pieds femelles ? Les femelles proches des MP sont-elles aussi bien pollinisées que celles à proximité des MT ? »

Les **hypothèses à vérifier** sont les suivantes :

- Le pied femelle proche du MT est mieux pollinisé que celui proche du MP
- Le pied femelle proche du mâle est mieux pollinisé que celui isolé de tout mâle sur le rang

4.1. Réflexion sur l'apport de pollen complémentaire

Des pieds mâles sont manquants dans certaines zones de vergers, conduisant à un défaut de pollinisation localisé. En effet, en 2011, lors de l'implantation de vergers *A. arguta* var. TAHI, de

mauvaises identifications de variétés mâles en pépinières ont conduit à des erreurs de plantations et de greffage. Cette situation est toujours d'actualité le temps que les nouveaux mâles soient productifs. Dans le cas où des mâles seraient mis en défaut (même problème, gel ou autre), la SCAAP souhaite savoir s'il serait intéressant de réaliser de la pollinisation assistée et ainsi de pouvoir la proposer en routine aux agriculteurs lorsque des soucis de pollinisation apparaissent (mort d'un pied mâle par exemple).

L'objectif de cette étude est de reproduire les mêmes essais réalisés par Mangin (2016) sur HAYWARD et SORELI, mais cette fois-ci appliquées à l'espèce *A. arguta* var. TAHI. Ce qui nous amène à formuler les **problématiques** suivantes :

« La pollinisation assistée permet-elle de diminuer le nombre de petits calibres ? Est-elle aussi efficace avec du pollen pur qu'avec du pollen de ruche ? »

Les **hypothèses à vérifier** sont les suivantes :

- Existence d'un réel écart d'homogénéité des calibres entre les pieds femelles bien pollinisés et mal pollinisés
- Les pieds femelles proches des MT ont des calibres plus homogènes et plus gros
- Les pieds femelles isolées des MT et traités au pollen pur sont aussi bien pollinisés que ceux proches des MT
- La pollinisation assistée au pollen de ruche et au pollen pur ont la même efficacité

Pour répondre aux différentes problématiques, les **objectifs de travail** durant ce stage sont de mettre en place **2 essais distincts** pour chaque sujet d'étude afin de tester les différentes hypothèses évoquées. Les résultats analysés et comparés seront ensuite discutés afin d'établir une conclusion constructive et proposer des perspectives éventuelles.

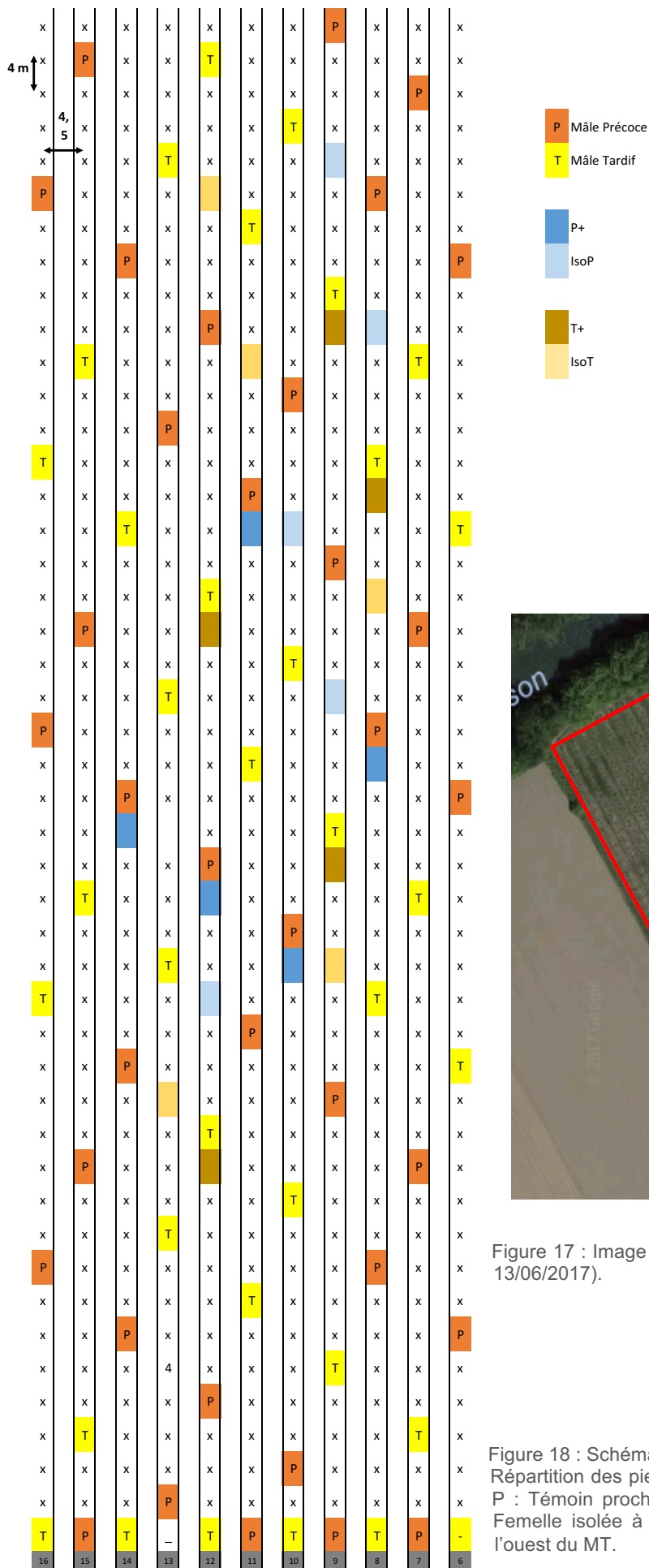


Figure 17 : Image satellite de la parcelle 299.2 (GoogleEarth, 13/06/2017).

Figure 18 : Schéma de la parcelle 299.2 utilisée pour l'essai 1. Répartition des pieds MP, MT et des modalités choisies avec P : Témoin proche MP pur, T : Témoin proche MT, IsoP : Femelle isolée à l'ouest du MP et IsoT : Femelle isolée à l'ouest du MT.

MATERIELS ET METHODES

1. Dispositif expérimental ESSAI 1

→ Evaluation de la qualité de la pollinisation du nouveau schéma de plantation 2011

1.1. Matériel végétal et localisation

Cet essai a été réalisé en 2017 dans un verger commercial de 0,84 ha de jeune *A. arguta* var. TAHI plantée en 2013 (4 ans) sur la commune d'Osserain-Rivareyte, France : parcelle SCAAP numéro 299.2 (Fig.17). Ce verger a été choisi au vu du respect de répartition des pieds mâles du Plan D en Figure 11, et surtout du fait qu'aucun mâle ne manque. Les pieds sont conduits en T-barre avec un espacement de 4 m et 4,5 m respectivement entre les pieds et entre les rangs. La densité de pieds mâles est de 1 : 8 et suit la répartition : alternance entre pied MP (*A. arguta* var. B4G4) et MT (*A. arguta* var. K1J6) sur le rang et un décalage en quinconce à chaque nouveau rang (Fig.18). Des ruches à bourdons ont été introduites au début de la floraison et les pratiques culturales du verger ont été réalisées par le producteur de façon standard avec une irrigation sous frondaison. Le verger est entouré d'une parcelle de maïs au Nord et au Sud, d'une haie à l'Ouest et du Gave à l'Est. A proximité se trouve un autre verger *A. arguta* var. TAHI. Le vent dominant est orienté Ouest/Sud-Ouest.

1.2. Choix des unités expérimentales et modalités

Quatre différentes modalités sont étudiées avec pour unité expérimentale (micro-parcelle) le pied femelle. L'expérimentation étant réalisée chez un agriculteur, le nombre d'unité expérimentale doit être limité. De plus le temps important de collecte et de traitements des données sont également des facteurs qui mènent à diminuer le nombre de répétitions. Aussi chaque modalité est répétée 5 fois. Les analyses portent sur les pieds femelles autour des MP et MT indépendamment. Pour cela, un témoin dit « bien pollinisé » et une modalité dites « isolée » seront étudiés pour chaque type de pieds mâles. Chaque modalité est repérée dans le verger par rapport à sa position autour des pieds mâles sur le rang et choisie pour avoir un nombre de latérales homogènes, entre 9 et 11. Les femelles témoins sont toujours situées à l'Ouest du pied mâle et les femelles dites « isolées », entre les deux mâles (soit la 4^{ème} femelle).

Modalités :

ProT : Témoin Tardif : Pied femelle proche d'un MT

ProP : Témoin Précocité : Pied femelle proche d'un MP

IsoT : Pied femelle isolé sur le rang entre deux pieds mâles, MT à l'est

IsoP : Pied femelle isolé sur le rang entre deux pieds mâles, MP à l'est



Figure 19 : Image satellite de la parcelle 257.7 (GoogleEarth, 13/06/2017)

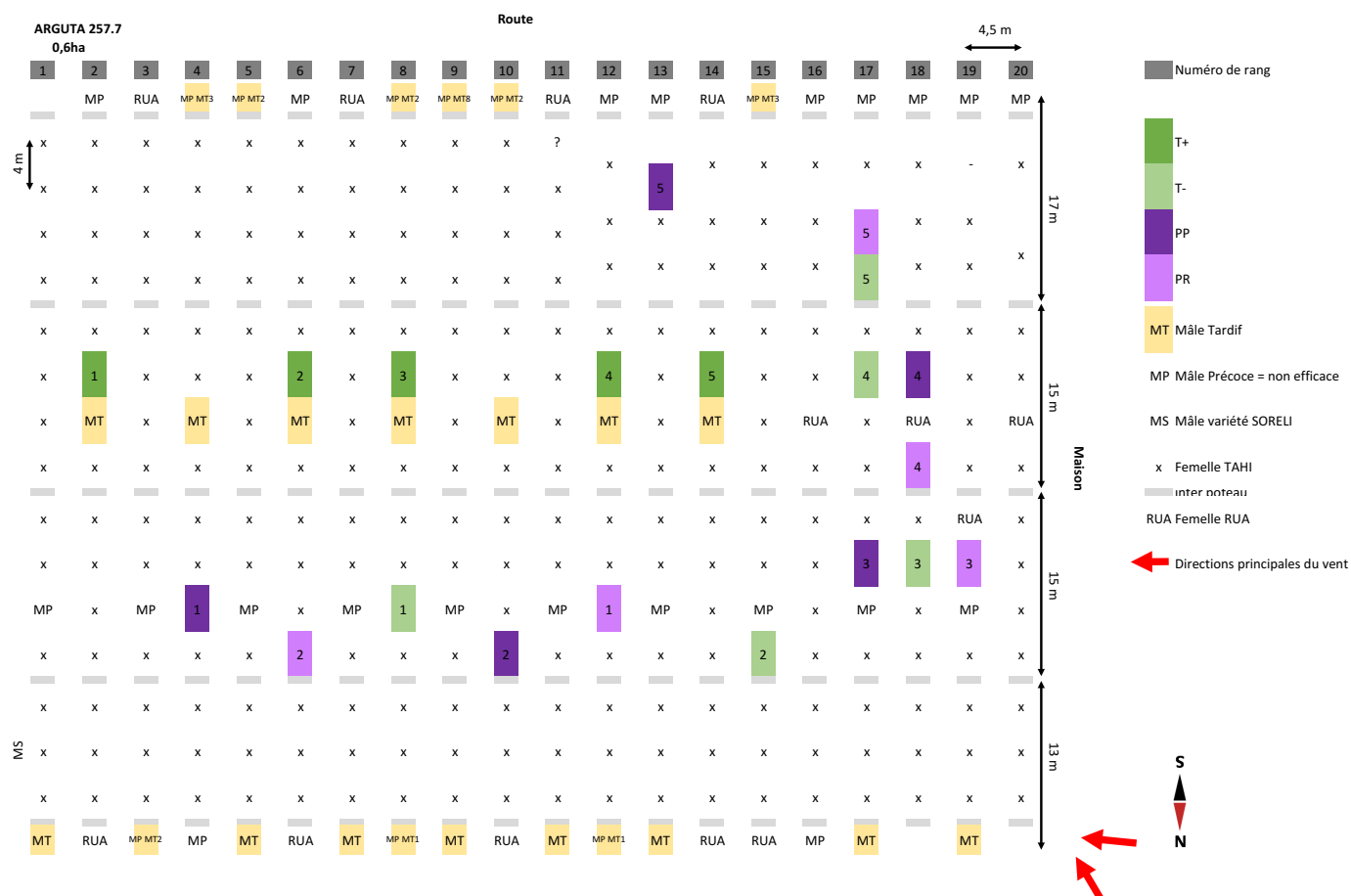


Figure 20 : Schéma de la parcelle 257.7 utilisée pour l'essai 2. Répartition des pieds MP, MT et des modalités choisies avec PP : Pollinisation assistée au pollen pur, PR : Pollinisation assistée au pollen de ruche, T- : témoin négatif avec pollinisation naturelle, théoriquement mal pollinisé et T+ : témoin positif avec pollinisation naturelle, théoriquement bien pollinisé.

2. Dispositif expérimental ESSAI 2

→ Comparaison de différents traitements en pollinisation assistée humide : pollen pur ou pollen de ruche

2.1. Matériel végétal et localisation

Cet essai a été réalisé en 2017 dans un verger commercial de 0,45ha d'*A. arguta* var. TAHI planté en 2010 (verger de 7 ans) sur la commune de Lahontan, France : parcelle SCAAP numéro 257.7 (Fig.19). Le verger est conduit de la même manière que pour l'essai 1, et suit un schéma de plantation atypique avec une rangée de pied mâle en bout de rang et qui alterne entre pied MP et MT sur le rang avec un ratio pied male : femelle qui varie de 1 : 9 ou 1 : 11 (Fig.20). La parcelle est protégée par un filet paragrêle noir exposition sud et gris exposition nord. De plus, une ruche multi-hives (BIOBEST) de bourdons a été introduite au centre du verger au début de la floraison. Le verger est entouré d'un verger SORELI (Est), une route (Sud), une haie d'acacias (Nord) et d'une habitation (Ouest). Le vent dominant est orienté en direction Nord-Ouest/Sud-Est. A moins de 100 m se trouve plusieurs vergers HAYWARD.

2.2. Choix des unités expérimentales et modalités

De la même manière ici, 4 modalités sont étudiées avec pour unité expérimentale un pied femelle. Les répétitions sont choisies par rapport à leur position vis à vis des MT et pour avoir un nombre de latérales homogènes entre 25 et 30. Deux traitements de pollinisation assistée sont réalisés avec du pollen pur ou du pollen de ruche : modalités PP et PR. Deux témoins sont étudiés afin d'avoir des références haute et basse sur l'état de la pollinisation : modalités bien pollinisées (témoin positif) et mal pollinisées (témoin négatif) théoriques. La modalité témoin positif a été disposée à côté d'un pied MT. Les pieds femelles des trois autres modalités ont été disposés soit dans des zones en présence de pieds MP sans pieds MT, soit sans aucun pied mâle.

Modalités :

T+ : Témoin positif : proche MT : pollinisation optimale

T- : Témoin négatif : isolée MT : mauvaise pollinisation

PP : Isolée MT et Traitement de pollinisation assistée au pollen pur

PR : Isolée MT et Traitement de pollinisation assistée au pollen de ruche

2.3. Pollinisation assistée

2.3.1. Préparation des traitements

2.3.1.1. Provenance des pollens

Le pollen pur utilisé provient de la production locale SCAAP, extrait via une unité de purification du pollen. Il est issu de la récolte 2017 d'un verger *A. deliciosa* de la SCAAP. Le pollen de ruche d'abeilles provient lui aussi d'un verger *A. deliciosa* de l'année 2017.

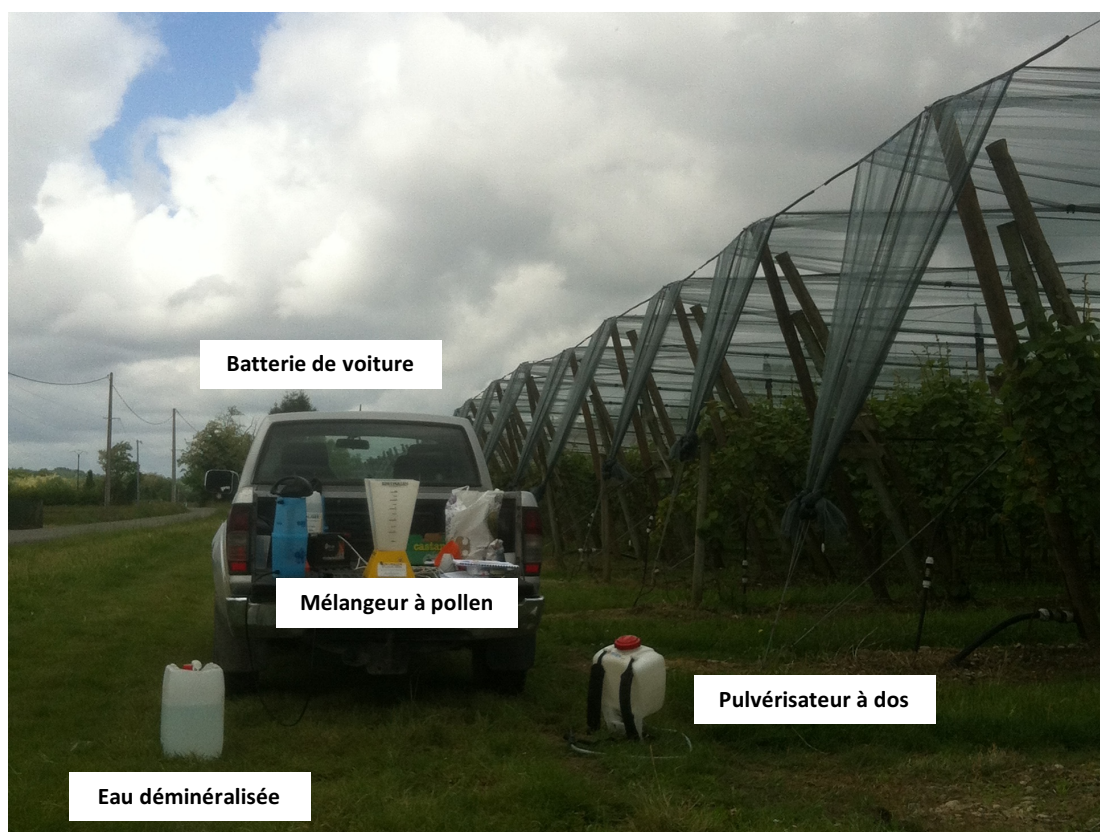


Figure 21 : Installation du matériel utile à la pollinisation assistée par voie humide (Photo prise le 23/05/2017, source : auteur)

Tableau 3 : Conditions d'application des traitements de pollinisation assistée au pollen pur et pollen de ruche sur l'essai 2, pour les deux passages.

ARGUTA (257.7)		1^{er} passage	2^{ème} passage
2 Modalités		Pulvérisateur électrique producteur italien	Pulvérisateur manuel Solo
% floraison		80%	100% +ou- 1-2 jours
Date		17/05	23/05
Heure		Entre 14h30 16h30 20min/5arbres	Entre 13h30-15h30
Température		26-30°C	28°C
Vent		+++ direction Sud-Est	+
Concentration bouillie		6g PP et 18g PR /L	idem
Quantité de solution / 5 arbres		2,5 Litres / 5 arbres (3L préparé)	idem



Figure 22 : Pulvérisateur à dos électrique de fabrication italienne posé sur son socle à roulette (source : SOFRUILEG)

Un test de viabilité est réalisé sur le pollen pur afin de s'assurer de sa capacité à germer. D'après (Kiwi Pollen Limited 2002) la viabilité du pollen est considérée correcte lorsqu'elle est supérieure à 70% de pollens viables, or les résultats montrent des viabilités plutôt de l'ordre de 30-40%. Le pollen de ruche est plus compliqué à évaluer car multi-espèces. Le taux de pollen mâle *A. deliciosa* a été estimé à environ 30% par comptage à l'œil des pelotes claires vis-à-vis des pelotes d'autres couleurs.

2.3.1.2. Eléments qui compose la solution et concentrations utilisées

Les concentrations utilisées suivent les indications de Hopping (1983) et Mangin (2016) à savoir pour 1 litre de bouillie : 10% de sucre, 0,01g d'acide borique, 6g de pollen pur ou 3 x 6g en pollen de ruche (18g) en considérant qu'il y a 3 fois plus d'impuretés et le reste d'eau déminéralisée. Les composés précédents ont été mélangés dans un mélangeur spécial pollen (Fig.21) ou bien à la main pendant 10 minutes environ de façon à ce que le pollen soit complètement immergé. La bouillie est enfin filtrée avant d'être introduite dans le pulvérisateur pour limiter les dépôts éventuels et l'obstruction de la buse.

2.3.1.3. Conditions d'applications des traitements de pollinisation

Le Tableau 3 récapitule les conditions d'application des différentes méthodes de pulvérisation. La précision des informations est dépendant de l'appréciation de l'opérateur. Pour des problèmes de logistique, 2 pulvérisateurs différents ont dû être utilisés et seront à prendre en compte dans l'analyse des résultats. Deux passages ont été réalisés : le premier à 80% de floraison (17/05) avec une machine provenant d'un producteur Italien (Fig.22) à buse ronde ; et le deuxième passage 10 jours plus tard à 100% de floraison (plus ou moins 1 ou 2 jours) avec le pulvérisateur à dos SOLO buse carrée. La première machine se caractérise par une diffusion légère très brumeuse à une pression constante du fait de sa pompe électrique intégrée. La deuxième se distingue par un pompage manuel produisant un nuage plus grossier et une pression plus hétérogène.

L'application est réalisée dans la demi-heure qui suit la préparation par le même opérateur à des horaires variables entre 11h et 17h30. Les températures extérieures étaient comprises entre 26 et 30°C. La première application était soumise à un vent relativement important suivant la direction Sud-Est.

3. Protocole expérimental

3.1. Collectes des données

3.1.1. Données évaluant la qualité de pollinisation

La qualité de pollinisation est étudiée ici, pour cela les différentes variables influençant ce facteur sont mesurées.

Tableau 4 : Catégorie de calibre en fonction de la provenance des données et correspondance en poids unitaire (grammes).

Catégories de calibre	<6g Déclassés- non commercialisables	Entre 6g et 8g	Entre 8g et 12g	12g<
Fruits analysés visuellement grâce à un gabarit	Calibre PETIT	Calibre MOYEN		Calibre GROS
Fruits analysés à la calibreuse	Calibre XS	Calibre S	Calibre M	Calibre L

3.1.1.1. Evaluation du nombre de graines par fruit

Le nombre de graine par fruit étant un bon estimateur de la qualité de pollinisation, on cherche à montrer que les petits calibres sont dus à un réel manque de pollinisation. Le nombre de graines pour un échantillon de 30 fruits par classe de calibre sera déterminé, afin de vérifier la corrélation existante entre le nombre de graines et le calibre du fruit.

3.1.1.2. Données de rendements et calibres de fruit

Le facteur pollinisation conditionne en partie le calibre du fruit. C'est pourquoi il est analysé. Deux méthodes d'échantillonnage avant récolte et à la récolte sont mises en place. L'objectif est d'assurer l'obtention de données en cas d'éventuels problèmes à la récolte et d'autre part d'avoir des résultats supplémentaires pour appuyer les analyses après récolte. Les procédures d'échantillonnage sont alors différentes.

Plan d'échantillonnage : données visuelles avant récolte

Dans le cas où les fruits ne pourraient pas être cueillis, les calibres sont évalués visuellement sur l'arbre via l'utilisation d'un gabarit. Une échelle de notation est alors définie (Annexe I) avec trois classes de calibre : gros, moyen et petit (Tab.4). Le nombre de fruits analysé est choisi pour être représentatif de l'ensemble des fruits présents sur l'arbre. L'effort d'échantillonnage est estimé à environ 20% du nombre total de fruit par arbre dans le cas du verger de 7 ans. Sachant qu'une latérale comporte en moyenne 150 fruits, 6 latérales par arbres ont été choisies au hasard et analysées (3 sur chaque exposition). La totalité des fruits est analysée afin de ne pas créer un biais éventuel lié à la position du fruit sur la latérale.

Dans le cas du jeune verger, l'effort d'échantillonnage choisi revient à échantillonner l'arbre entier.

Plan d'échantillonnage : données calibrées après récolte

La totalité des fruits de chaque parcelle élémentaire est récoltée (essai 2 : 12/07/17 et essai 1 : 24/07/17) à la main à maturité commerciale du fruit (100% de graines noires, 6°Brix minimum et 19% de matière sèche minimum) suivant les instructions de récolte NERGI. La totalité des fruits est calibrée suivant les classes XS (<6g), S (6-8g), M (8-12g) et L (12g <) (Tab.4). Ainsi le nombre de fruits par classe de calibre, le poids moyen de fruits par modalité et le rendement moyen des 6 latérales sont récoltés. Les fruits sont ensuite réintégrés dans le cycle de conditionnement.

La vigueur des latérales a été évaluée par la mesure de leur diamètre à l'aide d'un pied à coulisse électronique au niveau du premier fil de palissage.

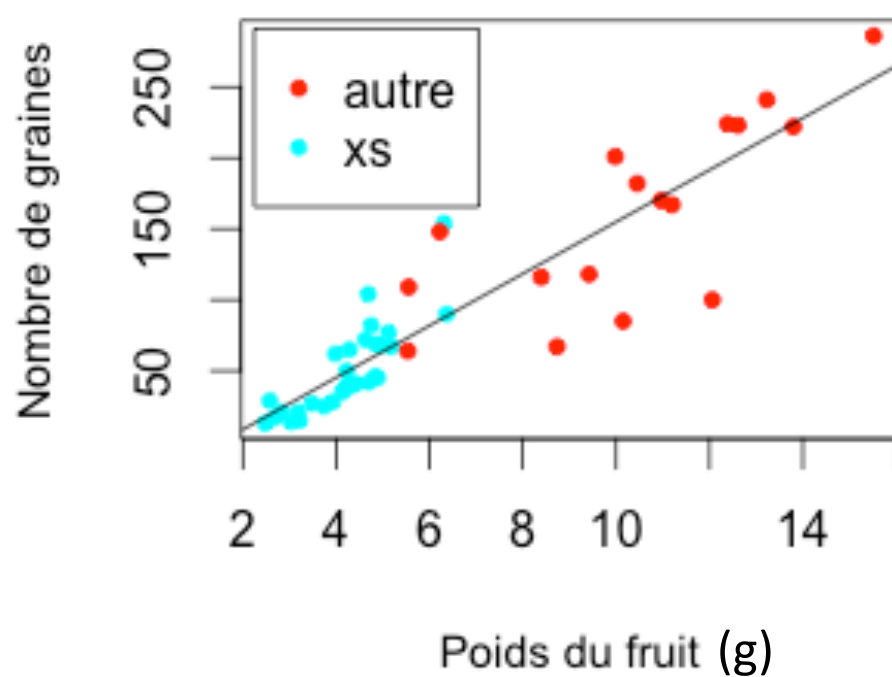


Figure 23 : Régression linéaire positive : $R^2=0,93$ (test de corrélation Spearman non paramétrique ; $p\text{-value}=2,2.10^{-16}$) représentant la corrélation entre le calibre du fruit et son nombre de graines. En bleu les fruits de calibres inférieurs à 6g (XS) et en rouge les calibres supérieurs (autre).

3.2. Analyses statistiques des données

Le logiciel Rstudio® est utilisé pour réaliser ces différentes analyses. Dans le cas où les variables sont indépendantes, suivent une distribution normale et ont une variance homogène, la réalisation d'un test paramétrique est envisagée. Les variables à expliquer sont quantitatifs et les variables explicatives qualitatives. Une comparaison de moyenne (Test Student) est réalisée dans le cas où un facteur avec 2 modalités est étudié. Lorsqu'il y a plus de 2 modalités, les données sont traitées avec une analyse de variance : ANOVA à 1 ou 2 facteurs : le type de pollinisation utilisé ou bien le type de pied mâle et le type de distance au mâle. Après avoir sélectionné le modèle le plus pertinent et s'être assuré que les résidus suivent également une distribution normale, la conclusion du test est faite pour un seuil d'erreur de 5%. On cherche à montrer l'existence d'une différence significative entre les différentes modalités. Avec comme hypothèses nulle H_0 : il n'y a pas de différence entre les moyennes et H_1 , il existe une différence entre les moyennes. Puis une comparaison multiple est réalisée avec un test post-hoc de Tukey (effectifs comparés non identiques) afin de classer entre elles les moyennes de chaque modalité. Dans le cas où une des conditions d'applications du test n'est pas vérifiée même après une normalisation de variable, alors un test non paramétrique est envisagé avec un test de Kruskal-Wallis.

Un test non paramétrique de Spearman est appliqué pour évaluer le coefficient de corrélation de la droite linéaire modélisée pour déterminer la corrélation entre le nombre de graines présent dans un fruit et son poids unitaire, ainsi que le nombre de fruits de calibre XS et L.

RESULTATS

1. Evaluation du nombre de graines par fruit

La corrélation montrant le lien entre nombre de graines par fruit et calibre de ce fruit n'a jamais été montrée sur la variété TAHI. Ce paramètre est cependant indispensable pour mettre en cause un défaut de pollinisation. Après avoir compté le nombre de graines par fruit sur les différents calibres, la régression linéaire montrant la corrélation entre le poids d'un fruit et son nombre de graines (Fig.23) ont été réalisées. Elle confirme ainsi que les fruits de calibres inférieurs à 6 grammes (rouge) ont peu de graines comparativement aux autres calibres (bleu). Les fruits de calibre XS sont donc bien la résultante d'un manque de pollinisation.

C'est pourquoi l'analyse de la qualité de pollinisation peut se faire en fonction des différents calibres observés.

2. Essai 1 : Répartition des mâles

L'essai 1 a pour objectif de mettre en évidence une différence de pollinisation au sein du nouveau schéma de plantation d'*A. arguta*. D'une part la position de la femelle (proche ou isolée) vis à vis du mâle sur le rang a été étudié (facteur distance) puis la proximité de chacun des mâles (facteur

Tableau 5 : Récapitulatif des résultats observés sur l'essai 1 après récolte et calibration des fruits par arbre (n=20).

	Données calibreuse après récolte						
	Total fruits calibrés	Rendement par arbre moyen (kg)	Poids moyen des fruits (g)	Nombre de fruits calibres L	Nombre de fruits calibres M	Nombre de fruits calibres S	Nombre de fruits calibres XS
Pro P	974,2	11,33	11,97	342,6	560,4	65,4	5,8
Pro T	990,4	12,73	12,99	393	577,8	18	1,6
Iso T	1096,6	13,18	12,05	354,2	706,2	32,2	4
Iso P	998,6	12,49	13,12	304,4	670,8	21	2,4
Test	Anova	Anova	Kruskal-Wallis	Kruskal-wallis	Kruskal-wallis	Kruskal-wallis	Kruskal-Wallis
p-value	0,43	0,22	0,35	0,51	0,45	0,37	0,7
Significativité	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

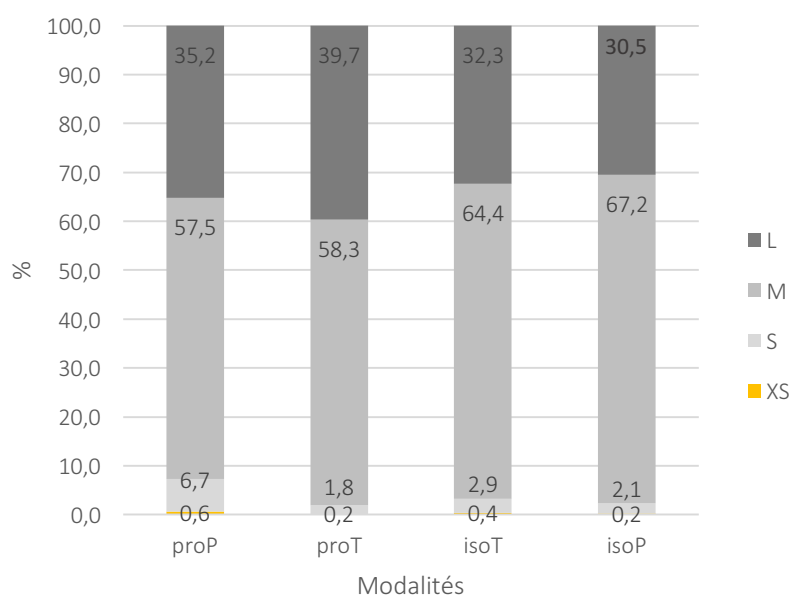


Figure 24 : Histogramme empilé représentant le pourcentage de fruits par type de calibre pour chaque modalité (n=20). ProP : pieds femelles proches du mâle précoce. ProT : pieds femelle proches du mâle tardif. isoT : pieds femelles isolés du mâle tardif. IsoP : pieds femelles isolés du mâle précoce. Classe de calibre : L (supérieur à 17g), M (entre 8 et 12g) S (entre 6et 8g) XS (inférieur à 6g)

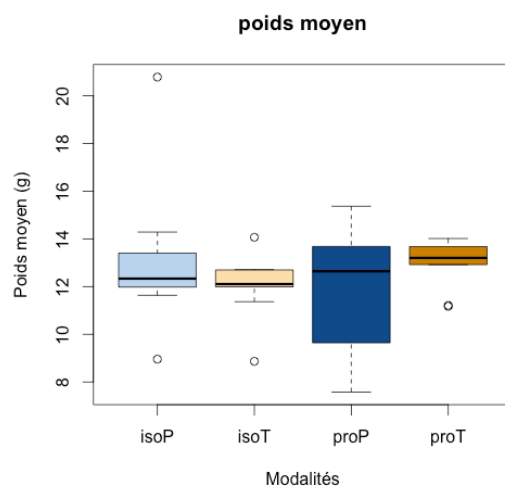


Figure 25 : Poids moyen des fruits pour chaque modalité (n=20). ProP : pieds femelles proches du mâle précoce. ProT : pieds femelle proches du mâle tardif. isoT : pieds femelles isolés du mâle tardif. IsoP : pieds femelles isolés du mâle précoce.

mâle), ainsi que leur interaction pour chaque variable étudiée.

Le nombre de latérale par arbre semble identique et l'analyse des variances du nombre de fruits échantillonnés par modalités permet de s'assurer de l'homogénéité de l'échantillonnage. Aucune différence significative n'est observée (Tab.5). Dans le but de faciliter les interprétations, chaque effectif de calibres est alors ramené en pourcentage du nombre total de fruits analysé (Fig.24) et ce pour chaque modalité.

On constate que le nombre de fruits non commercialisables est très faible, soit moins de 0,6% pour chaque modalité. Les calibres M et L constituent alors la quasi-totalité du rendement observé. Or, il n'apparaît, pour ces calibres, aucune interaction significative entre les différentes modalités de facteurs mâle et distance (Tab.5). Pourtant il semble que la modalité proP ait un nombre de fruits XS et S qui tende à être plus élevé que les autres. Tandis que ceux de la modalité proT semble être moins nombreux. Le poids moyen de cette modalité semble d'ailleurs plus élevé que les autres (Fig.25). Aucune différence significative ne permet cependant de distinguer les poids moyens des différentes modalités. D'autre part, il est remarqué une forte variabilité des données sur l'ensemble des variables.

3. Essai 2 : Pollinisation complémentaire

3.1. Choix des unités expérimentales et sous échantillonnages

Les unités expérimentales sont choisies de façon à être les plus homogènes possible. L'ANOVA du nombre de latérales par arbre montre qu'il n'y pas de différence significative entre modalités (Tab.6. a). On considère donc le nombre de latérales homogènes. Par ailleurs, la vigueur des latérales (mesures du diamètre) échantillonnées ne montre aucune différence significative entre les modalités. Ce facteur pouvant jouer un rôle dans le grossissement des fruits, il n'est donc pas impliqué dans les différences de calibres observées.

De la même manière que pour l'essai 1, n'étant pas dans des conditions avec échantillonnage homogène, on s'assure avant interprétation que celui-ci soit homogène au sein des différentes modalités pour ne pas créer de biais. Malgré la forte variabilité du nombre de fruits analysés, l'ANOVA ne montre aucune différence significative (Tab.6. a et b). C'est la raison pour laquelle, les différentes proportions de calibres ont pu être représentées sous la forme d'un histogramme empilé en pourcentage du nombre de fruits total analysé (Fig.26). Il est à noter cependant que le nombre de fruits sur les arbres T+ est en général moins nombreux.

Pour résumer (Annexe III), les différents types de calibres observés par modalité ne résultent pas d'une différence en lien avec la vigueur des latérales, la différence du nombre de latérale ou l'échantillonnage non homogène de fruits.

3.1. Impact des différents traitements sur les calibres produits

Il est important de rappeler que seuls les fruits supérieurs à 6g sont commercialisés. L'objectif de l'essai 2 est d'améliorer le nombre de fruits commercialisables par l'optimisation de la pollinisation

Tableau 6. a : Récapitulatif des résultats observés sur l'essai 2 avant récolte et sur 6 latérales échantillonnées par arbre (n=20).

Modalités	DONNEES VISUELLES AVANT RECOLTE			
	Total fruits analysés	Nombre de fruits calibre PETIT	Nombre de fruits calibre MOYEN	Nombre de fruits calibre GROS
PP	952,6	59,6 ab	766,8	126,2
PR	890	145,4 a	651,6	93
T+	795,2	16 b	639	140,2
T-	1059,2	166,2 a	824	69
Test	anova	anova log(x)	Anova	Anova
p-value	0,26	0,01	0,29	0,59
Significativité	NS	S	NS	NS

Tableau 6. b : Récapitulatif des résultats de l'essai 2 après récolte et sur 6 latérales échantillonnées par arbre (n=20).

Modalités	DONNEES CALIBREUSE APRES RECOLTE							
	Total fruits calibrés	Poids total (kg)	Poids moyen des fruits (g)	Calibre XS	Calibre S	Calibres M	Calibre L	Diamètre latéral échantillonné (mm)
PP	1089,2	10,63	9,89	58 ab	148,4	668,2	99,6	9,8
PR	1013,4	9,762	9,66	106,2 ab	161	560	112,6	9,857
T+	924,8	9,94	10,7	12,8 b	49	629,8	148,6	10,02
T-	1090,8	9,73	8,93	120,6 a	205,4	608,4	37,8	9,214
Test	Anova	Anova	Kruskal-Wallis	Anova	Anova	Anova	Kruskal-Wallis	Kruskal-Wallis
p-value	0,099	0,76	0,26	0,04	0,06	0,52	0,37	0,12
Significativité	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS

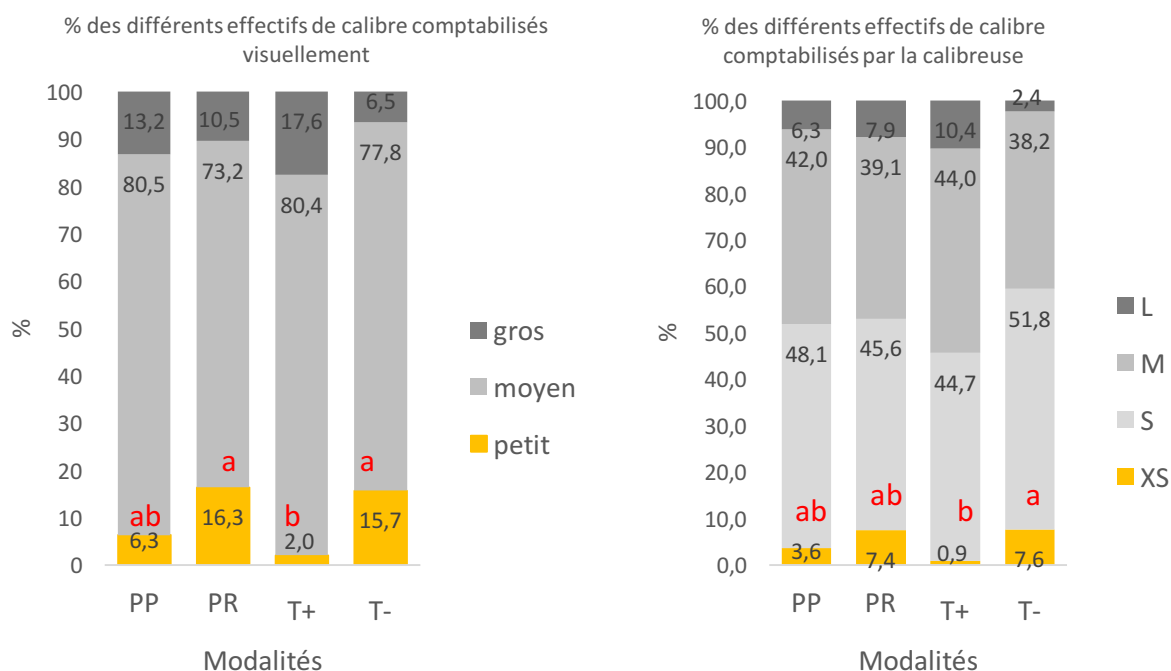


Figure 26 : Histogrammes empilés représentant les effectifs (%) de la répartition des différents calibres par modalité (n=20) avant (à gauche) et après récolte (à droite). GROS calibre correspond aux fruits avec un poids unitaire supérieur à 12g, MOYEN calibre entre 6 et 12g et PETIT calibre inférieur à 6g. XS, S, M et L correspondent aux classes de calibre paramétrés sur la calibreuse soit : <6g, 6-8g, 8-12g et >12g. PP, PR, T+ et T- respectivement : Traitement au pollen pur, traitement au pollen de ruche, témoin théorique pollinisation optimale et témoin théoriquement pollinisation mauvaise.

afin de limiter cette production de petits fruits. L'analyse des différentes classes de calibres permet d'évaluer l'efficacité de pollinisation des différents traitements étudiés.

Aucune différence significative entre modalités n'est observée concernant les calibres de niveau intermédiaire (Tab.6. a et b) (MOYEN ou M et S cumulés). Ces derniers correspondent à une proportion de 70 ou 88% de la totalité des fruits par modalité (Fig.26). On retrouve donc cette distribution pour les données issues de l'analyse visuelle et celles issues de la calibreuse.

La classe de calibre S seule (répertoriée seulement par la calibreuse) indique une proportion importante de fruits entre 6 et 8g. Seule la modalité T+ (pollinisation optimale) tend à se distinguer des autres avec une plus faible proportion de ce calibre, mais sans significativité.

Aucune différence n'est également retrouvée pour les fruits de calibres supérieurs à 12g (GROS et L) (Tab.6. a et b). Comme dans l'essai 1, le poids moyen des fruits ne permet pas non plus de distinguer de différence entre modalités puisque celui-ci est fortement influencé par les fruits de gros calibre en grand nombre (Fig.27 et Annexe IV).

C'est au niveau des calibres extrêmes inférieurs (XS et PETIT) que l'on observe des différences significatives entre modalités, et ce, pour les données visuelles ou issues de la calibreuse (Tab.6. a et b).

Par ailleurs, une corrélation exponentielle négative ($\rho = -0,54$) a été mise en évidence entre les calibres inférieurs et supérieurs (XS et L) (Fig.28). C'est pourquoi on fera l'hypothèse qu'il existe ces mêmes différences entre modalités pour les calibres supérieurs à 12g, malgré qu'aucune différence significative n'ait été démontrée par l'anova.

3.1.1. Vérification de l'effet des traitements témoins

Comme attendu, la modalité mal pollinisée (T-) présente un nombre de petits fruits le plus élevé (Petit et XS) et la modalité bien pollinisée (T+) le plus bas (Fig.26). Ces différences varient entre les données visuelles et celles de la calibreuse, avec des écarts de 13% et 7% respectivement entre ces deux modalités témoins.

Toujours pour ces témoins, la conclusion inverse apparaît avec les calibres supérieurs à 12g (Gros et L), avec un nombre de fruits plus importants de 11 et 8% pour la modalité T+. Ainsi la proximité entre pieds femelles et mâles (T+) permet de limiter le nombre de petits calibres et d'en favoriser les gros. Un éloignement trop important (T-) est quant à lui néfaste.

Ce sont surtout sur ces calibres extrêmes que peut reposer l'analyse de l'efficacité de pollinisation.

3.1.1. Effet de la pollinisation assistée

Les traitements de pollinisation assistées PP et PR appliqués aux pieds femelles, initialement mal pollinisées, ont pour but d'augmenter leur nombre de fruits commercialisables. Aucune différence significative n'apparaît entre ces deux traitements, ni envers les modalités témoins pour les fruits de calibres inférieurs 6g (PETIT et XS) (Fig.26).

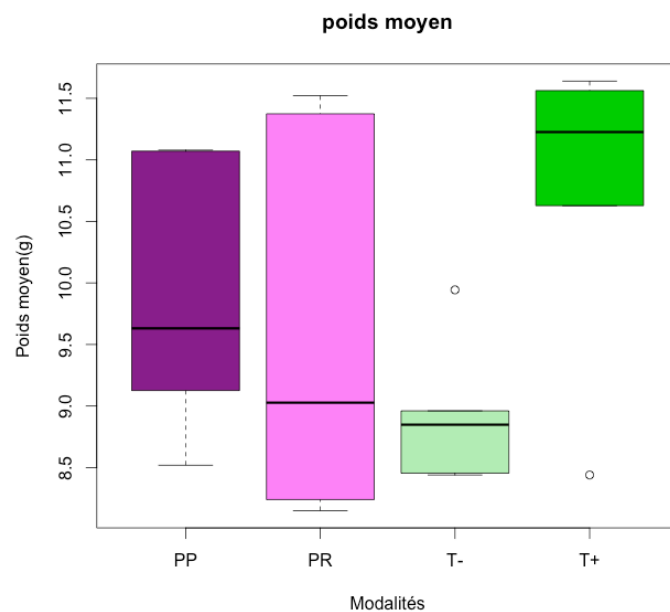


Figure 27 : Poids moyens des fruits par modalités (n=20), avec PP, PR, T+ et T- respectivement : Pollinisation assistée au pollen pur, Pollinisation assistée au pollen de ruche, témoin théorique bien pollinisé et témoin théorique mal pollinisé

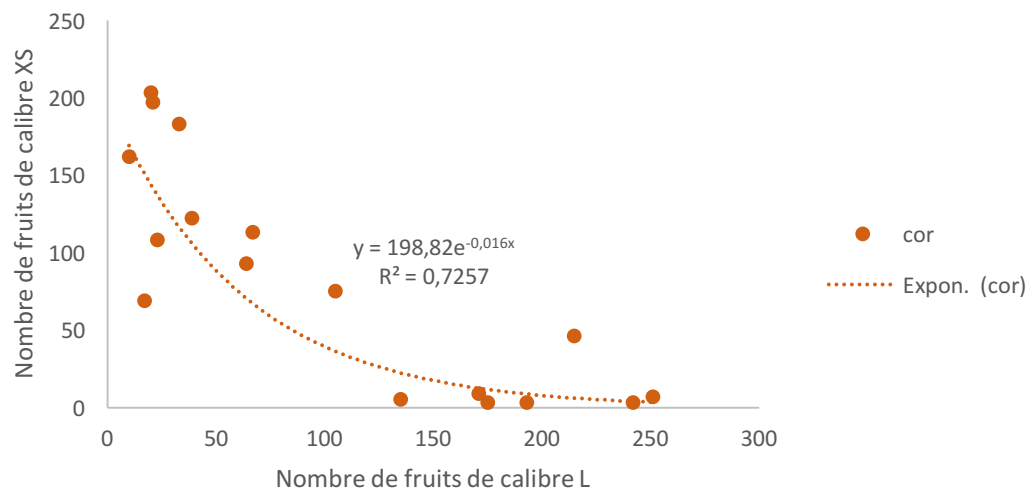


Figure 28 : Courbe de corrélation exponentielle négative (Test de corrélation de Spearman $p=0,02$ et $\rho=-0,49$) représentant la corrélation entre le nombre de fruits de calibre XS et L.

Malgré tout, il semble que ces traitements PP et PR se placent en position intermédiaire aux témoins. La modalité PP a en effet tendance à se rapprocher du T+ et le traitement PR plutôt vers le T- avec des résultats significatifs pour ce dernier traitement. Les mêmes tendances sont observées concernant les fruits de calibres supérieurs à 6g (Annexe IV). Les pieds femelles pollinisées avec le traitement PP semblent en effet avoir des proportions de calibres qui se rapprochent des pieds femelles proches d'un mâle (T+). Tandis que celles au traitement PR plutôt vers les pieds femelles éloignés de mâle (T-).

Par ailleurs, les différences observées vis à vis des calibres extrêmes (XS et L) semblent avoir une forte incidence sur les poids totaux. Des coefficients de corrélation supérieurs à 0,5 sont observés (Annexe : V). Pourtant, aucune différence significative n'apparaît pour ces poids totaux. Il n'est pas possible de conclure sur les avantages réels apportés par ces 2 traitements de pollinisations assistées. Pour autant il semble qu'ils aient des résultats intermédiaires aux deux témoins. Ce qui suggère l'existence d'un impact positif sur les calibres observés, même si celui-ci n'est observé que pour les fruits de petits calibres.

DISCUSSION

La corrélation entre le nombre de graines dans un fruit et son poids est une fois de plus vérifiée (Hopping, 1976; Tiayon et Strik, 2003, 2004; Pescie et Strik, 2004 ; Goodwin et McBrydie, 2013). Ce nombre de graines est donc corrélé au poids moyen des fruits et au rendement. Afin d'optimiser la pollinisation et donc d'augmenter la production de fruits commercialisables, la gestion des individus mâles dans le verger est un paramètre indispensable. Le choix des variétés mâles et leur répartition participent à cette bonne gestion en permettant un apport de pollen suffisant durant toute la durée de floraison des pieds femelles (Gonzalez *et al.*, 1994).

1. Influence de la répartition des mâles

Le schéma de répartition des variétés mâles, étudié ici, permettrait à chaque femelle de toujours profiter de la pollinisation d'un MT et ou d'un MP à moins de 16m. En admettant le MP non actif, on aurait pu s'attendre à observer des différences entre les pieds femelles proche d'un MP (proP) et celles proche du MT (ProT). Mais la non significativité des résultats montrent finalement une pollinisation homogène entre ces deux modalités.

Ces résultats proviennent toutefois d'un jeune verger (4 ans). A ce stade, les arbres ne sont pas encore à leur potentiel maximum de production. Ils produisent moins de fleurs et moins de fruits mais avec un poids moyen généralement supérieur à celui observé dans les vergers en pleine production (Bec, 2017, communication personnelle). Comme démontré par Pescie et Strik (2004) le nombre de fruits est inversement corrélé au poids moyen des fruits. Par ailleurs, il se pourrait que les insectes pollinisateurs soient en excès vis à vis de ce faible nombre de fleurs. Ils permettraient une pollinisation efficace ce qui expliquerait la proportion importante de calibres M et L. De fait, des

dégâts de sur-butinage sur fruits sont observés, impactant à plus de 50% la production et en particulier ces mêmes classes de calibres.

En considérant ce même verger dans 2-3 ans, à l'état mature, son nombre de fleurs étant plus important, il se peut que pour la même population entomophile, la dissémination du pollen soit réduite. Alors les proportions de calibres tendraient plutôt vers les classes S et M, et les marques de sur-butinage seraient réduites comme observé sur l'essai 2.

D'autre part, on aurait pu aussi s'attendre à voir des différences entre les pieds femelles proches des mâles MP (proP) et celles isolées des 2 variétés mâles (isoP et isoT) sur le même rang. De la même manière, aucune différence n'apparaît. En admettant toujours le MP inactif, il est possible d'expliquer ces résultats par le fait que chaque pied femelle se retrouve avec un individu MT à moins de 16m. La distance minimale de pollinisation à 16m dont parle Testolin (1991) et Goodwin et *al.*, (1999) pour la variété HAYWARD, fonctionnerait alors également chez *A. arguta*. En effet, les pieds femelles isolées des pieds mâles sur le rang (isoT et isoP) ont aussi des proportions de calibres identiques à celles proches des MT (proT). L'activité pollinisatrice des MT permettrait la pollinisation des pieds femelles situées à 16 m de distance dans ce jeune verger. Dans le cas du verger de l'essai 2, les pieds femelles proches du MT (T+) produisent significativement moins de fruits XS que les pieds femelles isolées de tous mâles actifs (T-). La pollinisation du MT ne semble donc pas parvenir jusqu'aux pieds femelles situées à une distance entre 13,5 et 16m. La conclusion de Testolin (1991) et Goodwin et *al.* (1999) sur ce verger mature n'est pas confirmée ici.

L'essai 2 réalisé dans un verger de 7 ans montre bien que la position des pieds femelles vis à vis des pieds mâles est importante : les femelles à proximité d'un pied MT présentent entre 7 et 13% de fruits commercialisables en plus que celles situées à proximité d'un MP. L'essai 2 confirme donc comme attendu la nécessité des MT à l'obtention d'une pollinisation optimale envers les pieds femelles à proximité. On remarque cependant dans les deux essais, que malgré la proximité du MT, un faible taux de fruits non commercialisables persiste. Un taux de 0,2% fruits XS est en effet retrouvé pour les modalités les plus proches du MT (essai 1 : proT et essai 2 : T+).

Pour rappel, la présence des deux variétés MP et MT dans le verger est décidée dans le but d'étirer la fenêtre de floraison mâle afin qu'elle coïncide au mieux avec celle de la variété femelle. Les producteurs et les techniciens de la SCAAP supposent la floraison du MP très peu utile à la variété TAHI. Les essais ont donc été réfléchis en partant de l'hypothèse que l'activité pollinisatrice des MP n'aurait pas ou très peu d'impact sur la pollinisation des pieds femelles. L'inefficacité du MP vis à vis du MT n'étant pas l'objectif des essais, celle-ci n'a donc pas pu être démontrée. Pour autant, sachant que le pollen reste viable 2 à 3 jours après anthèse (Strik et *al.*, 1998), il se pourrait aussi qu'il ait son action couplée à celle du MT en début de floraison. Les

modalités isolées devraient alors se distinguer avec un poids moyen de fruits plus élevé, ce qui n'est pas le cas.

Concernant l'essai 2, le choix des unités expérimentales des modalités mal pollinisées (T-, PP et PR) a largement été influencé par les hypothèses concernant le MP. Elles ont en effet, été placées dans deux zones où des problèmes de pollinisation sont supposés : la première exempte de pieds mâles et la deuxième contenant uniquement des MP. Le nombre important de fruits non commercialisables sur la modalité témoin mal pollinisée confirme l'insuffisante activité de pollinisation des pieds mâles sur ces zones. Si l'on observe chaque femelle témoin indépendamment, celles proches des MP, produisent une proportion de fruits non commercialisables moins importante que celles en zone exempte de mâles. L'hypothèse serait alors que ces arbres ont pu bénéficier d'une source de pollinisation supplémentaire, qui pourrait être attribuée à l'activité du MP. Celui-ci pourrait donc améliorer légèrement le nombre de fruits commercialisables via une activité de pollinisation en début de floraison des pieds femelles TAH1. Il pourrait être intéressant de vérifier cette hypothèse par l'étude des calibres des pieds femelles exclusivement proches de MP sur un verger mature.

2. Intérêt de la pollinisation complémentaire sur *Actinidia arguta*

Les traitements de pollinisation complémentaire doivent permettre de rétablir un manque de pollinisation localisé, de manière pratique et rentable, dans le cas où des pertes de pieds mâles ou un déficit en pollen surviendraient. Les résultats de l'essai 2 indiquent que les deux types de traitements, PP et PR identiques entre eux, ne se distinguent pas de la modalité témoin mal pollinisée. Il est difficile d'envisager une explication valable au vu du nombre de facteurs entrant en jeu dans l'application des traitements (date et nombre d'application, temps d'ouverture des fleurs, dosage du pollen, conditions environnementales, manière de pulvériser etc.).

Les tests de germination du pollen pur n'ont pas été très concluants, or celui-ci venait tout juste d'être récolté et purifié. Aussi il est possible que leur capacité à germer soit mise en cause dans le succès du traitement au pollen pur. Dans le cas du pollen de ruche, il est possible que le taux de pelotes de pollen mâle soit trop faible ou au contraire trop important. Les doses de pollen utilisées, calquées sur les essais réalisées l'an passé sur les variétés HAYWARD et SORELI, pourraient ne pas être adaptées à la morphologie des fleurs *A. arguta*. En effet, celles-ci comportent un nombre de graines plus faible (Tiyayon et Strik, 2003) qui ne nécessitent surement pas autant de grains de pollen. Or, Goodwin (2000) a rapporté que la sur-pollinisation pourrait créer une compétition entre les grains de pollen limitant alors la formation des graines dans le fruit et par conséquent le grossissement du fruit.

Par ailleurs, les apports de pollinisation assistée sur 2 périodes de la floraison des pieds femelles sont discutables. On ne peut pas conclure quant au bénéfice individuel de chaque passage à 80% et plus de 100% de floraison. En effet, le temps pendant lequel une fleur est réceptive aux

grains de pollen n'est pas connue chez *A. arguta*. De ce fait, on pourrait penser que seule l'application à 80% de floraison ait pu être bénéfique. Au vu du nombre important de fleurs produites (Latocha, 2012) et de sa période de floraison étalée, il serait peut-être préférable de réaliser des passages de pollinisation assistée plus réguliers durant toute la floraison.

Enfin, suite à l'application des traitements, un nombre important d'insectes semblait attiré par ces modalités traitées. Le sucre ajouté à la solution pourrait être à l'origine de cet attrait. L'absence de différence significative entre les traitements de pollinisation complémentaire et les 2 témoins laisse cependant supposer une position intermédiaire des traitements de pollinisation. Celle-ci pourrait s'expliquer par une efficacité modérée des traitements appliqués ou bien encore par l'affluence d'insectes observés suite à l'application de la solution sucrée et non par le pollen lui-même. L'apport d'un attractif sucré pour attirer les abeilles existe d'ailleurs comme méthode d'amélioration de la pollinisation (François Idiard, 2017, communication personnelle).

Il est possible de penser aussi que le pollen issu des variétés mâles de l'espèce *A. deliciosa* n'ait pas la même capacité à polliniser les fleurs femelles *A. deliciosa* que celles d'*A. arguta*.

3. Limites de l'étude

Le rendement potentiel de l'essai 1 sur jeune verger n'est pas représentatif de celui-ci une fois à l'âge adulte. Il n'est donc pas possible d'extrapoler ces conclusions à un verger en pleine production. Dans le cas de l'essai 2, il aurait pu être judicieux de choisir autrement les individus statistiques de la modalité pieds femelles mal pollinisées. Deux modalités auraient dû être distinguées : la première proche des mâles précoces, afin d'évaluer l'efficacité de pollinisation de celui-ci ; et le deuxième complètement isolée de tous pieds mâles. Ainsi il aurait pu être possible de mettre en évidence la capacité pollinisatrice du mâle précoce. La mise en place d'une modalité supplémentaire évaluant la solution humide seule aurait permis d'écarter son impact potentiel.

Il pourrait être envisagé d'augmenter le nombre d'individu statistique, pour donner plus de puissance à l'essai et éventuellement permettre de montrer des différences significatives.

Dans le but de limiter les biais d'échantillonnage, il aurait été préférable de récolter les fruits plus tôt. En effet, une sur-maturité des fruits a été observée au moment de la récolte et de façon hétérogène dans le verger de l'essai 1. Par ailleurs, le nombre de fruits par latérale n'est pas homogène, pour cela l'éclaircissage des pousses pourrait être envisagé afin d'intervenir sur toutes les latérales de la même manière. De même que, le suivi des périodes de floraison de chaque individu a manqué, il aurait peut-être permis d'apporter des informations sur la variabilité ou l'homogénéité des floraisons au sein du verger.

Enfin, le nombre important de facteurs entrant en compte dans la préparation et l'application des pollinisations assistées fait qu'il est compliqué d'interpréter les causes et bénéfices liés à chacun.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans le but d'augmenter les volumes NERGI® et de rentabiliser les frais de récoltes, la présente étude cherche à diminuer le nombre de petits fruits non commercialisables (<6g). L'évaluation de la capacité de pollinisation du nouveau schéma de plantation *A. arguta* montre, chez un jeune verger, une pollinisation efficace et homogène au sein du verger. Il n'est cependant pas possible d'extrapoler cette conclusion à un verger en pleine production. L'évaluation de cette qualité de pollinisation serait intéressante à réaliser jusqu'à maturité du verger.

Les résultats observés sur les deux essais proviennent de vergers avec des profils différents : leur âge et la disposition des mâles notamment. La variété mâle précoce B4G4 introduite pour combler la pollinisation en début de floraison chez TAHI semble peu efficace. Une étude qui lui serait dédiée permettrait de trancher réellement sur son intérêt en début de floraison. De plus, la distance minimale de pollinisation du mâle tardif K1J6 potentiellement plus faible que pour les variétés de kiwis traditionnelles nécessiterait de diminuer le ratio mâle : femelle pour une pollinisation optimale du verger. Par ailleurs, l'analyse de la dispersion pollinique de ce mâle à différentes distances permettrait d'indiquer le ratio optimal. La réflexion économique permettrait ensuite d'évaluer la perte en canopée femelle sur le gain de fruits commercialisables en plus. En attendant ces essais, il pourrait être judicieux, dans les vergers actuels, de greffer la variété mâle tardive K1J6 sur une des deux charpentières du mâle précoce B4G4.

Le bénéfice attendu d'une pollinisation complémentaire par voie humide ne permet pas d'envisager cette technique pour augmenter le nombre de fruits commercialisables en cas d'une déficience en pieds mâles chez *A. arguta*. Cependant au vu des résultats précédents et des conclusions encourageantes de Mangin (2016) sur *A. chinensis* var. SORELI, la poursuite des tests permettrait de clarifier la situation. Il serait intéressant d'étudier la réceptivité stigmatique de la fleur femelle *A. arguta* var. TAHI. Par ailleurs il est possible qu'en améliorant certains facteurs comme la période d'application du traitement et la dose de pollen, l'obtention de résultats significatifs puissent être observés. Mais une attention particulière à la compréhension et au bénéfice de chaque facteur de façon indépendante est nécessaire lors de la mise en place des essais. Si tel est le cas il sera intéressant d'estimer la rentabilité de ces méthodes au vu du nombre de fruits commercialisés gagné. Une augmentation de +4% de fruits commercialisables correspondrait à un gain de 18 arbres /ha produit en plus.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKF (2016). Manuel technique du kiwi. Labatut (FR). 61 p.
- Bec F. (2013). Compte rendu : Travaux préliminaire pour la mise en place de technique de pollinisation artificielle. Labatut (FR) : SCAAP KIWIFRUIT de FRANCE. 10 p.
- Bhattacharya A. et Mandal S. (2004). Pollination, pollen germination and stigma receptivity in *Moringa oleifera* Lamk. *Grana* 43 (1): 48-56.
- Boyd L. M., McNeillage M. A., MacRae E. A., Ferguson A. R., Beatson R. A., Martin P. J., et Williams M. H. (2002). Development and commercialization of 'baby kiwi' (*Actinidia arguta* Planch.). V *International Symposium on Kiwifruit* 610, 81-86.
- Brantley A.K. (2016). Effective Pollination Period and Influence of Crop Load Management on AU Kiwifruit Cultivars. Université d'Auburn, Alabama. 84 p. <http://etd.auburn.edu/handle/10415/5058>.
- Caruel J. P. et Bec F. (2016). CAHIER DES CHARGES *Actinidia arguta* Hortgem. SOFRUILEG.19 p.
- Clinch P.G., Heath A.CG., Schrader M., Bishop D.M. et Tenquist J.D. (1985). Pollination of pastures and crops - kiwifruit. Honey bees - wind. *New Zealand MAF Agricultural Research Division Annual Report 1984/85*, New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries. 110 p.
- Costa G., Testolin R. et Vizzotto G. (1993). Kiwifruit pollination: An unbiased estimate of wind and bee contribution. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 21 (2): 189-95.
- Devi I., Thakar BS. et Garg S. (2015). Effect of pollination levels and repeated pollination on the fruit set and size of kiwifruit, *Actinidia deliciosa* Chev. *International Journal of Farm Sciences*, 5 (4): 165-173.
- Ferguson A.R. (1991). Kiwifruit (*Actinidia*). 603-54.
- FranceAgriMer. (2015). Les fiches de FranceAgriMer.Filière kiwi. 2p.
- Gonzalez M.V., Coque M. et Herrero M. (1994). Pollinator selection in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of Horticultural Science*, 69 (4): 697-702.
- Gonzalez M.V., Coque M. et Herrero M. (1995). Stigmatic Receptivity Limits The Effective Pollination Period In Kiwifruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120 (2): 199-202.
- Goodwin R.M. (2000). Zespri innovation Kiwifruit Pollination Manual. Zespri Innovation Company Limited & The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand Limited.105 p.
- Goodwin R. M., Ten Houten A. et Perry J. H. (1999). Effect of Staminate Kiwifruit Vine Distribution and Flower Number on Kiwifruit Pollination. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 27 (1): 63-67.
- Goodwin R.M. et McBrydie H.M. (2013). Use of pollen blowers and pollen dispensers to pollinate kiwifruit artificially. Plant and Food Research et Zespri Group Limited. 25 p.
- Goodwin R. M., McBrydie H.M. et Taylor M.A. (2013). Wind and honey bee pollination of kiwifruit (*Actinidia chinensis* 'HORT16A'). *New Zealand Journal of Botany*, 51 (3): 229-40.
- Greatti M. et Barbattini R. (2015). Plantaciones de kiwi y su polinización. *VidaApicola*, 12 p.
- Hennion B. (2003). *Le kiwi*. CTIFL. Paris. 250 p.
- Hii M. JW. (2004). Kiwifruit flower pollination: wind pollination efficiencies and sprayer jet applications. Université de Canterbury. 321 p.
- Hopping M. E. (1976). Effect of exogenous auxins, gibberellins, and cytokinins on fruit development in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.). *New Zealand Journal of Botany*, 14 (1): 69-75.
- Hopping M. E. (1981). Kiwifruit: hand pollination to improve fruit size. *The orchardist of New Zealand*, 54: 258.

- Hopping M. E. et Hacking N.J.A. (1983). A comparison of pollen application methods for the artificial pollination of kiwifruit. *Ministère de l'agriculture et de la pêche NZ*. 41-50.
- Hopping M. E. et Simpson L.M. (1982). Supplementary pollination of tree fruits. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 25 (2): 245-50.
- Hopping M.E. (1990). Floral biology, pollination, and fruit set. *Kiwifruit science and management. New Zealand Society for Horticultural Science*, 71-93.
- Huang H. (2016). Kiwifruit: The Genus *ACTINIDIA*. *Science Press Beijing*. China: Academic Press. 352 p.
- Jay D. et Jay C. (1984). Observations of Honeybees on Chinese Gooseberries (Kiwifruit) in New Zealand. *Bee World*, 65 (4): 155-66.
- Jerram E. M. et Hopping M.E. (1979). Pollination of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.): Stigma-style structure and pollen tube growth. *New Zealand Journal of Botany*, 17 (3): 233-40.
- KANTAR cité par FranceAGRIMER. (2016). Chiffres-clés. Les filières des fruits et légumes. Données 2015. 94 p.<http://www.franceagrimer.fr/content/download/46944/448977/file/chiffres%20cl%C3%A9s%202015%20FL%20provisoires.pdf>.
- King M. J. et Ferguson A.M. (1991). Collection and Use of Dry Pollen for Pollination of Kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 19 (4): 385-89.
- Kiwi Pollen Limited. (2002). Pollenaid Application - Technical Guide. Te Puke, New Zealand.
- Latocha P. (2012). Some morphological and biological features of 'Bingo' – a new hardy kiwifruit cultivar from Warsaw University of Life... 60: 61-67.
- Mangin V. (2016). Pollinisation assistée de l'*Actinidia*. Comparaison de différentes techniques de pollinisation artificielle. Labatut (FR) : SCAAP KIWIFRUIT de FRANCE. 62 p.
- Minarro M. et Twizell K.W. (2015). Pollination Services Provided by Wild Insects to Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Apidologie*, 46 (3) : 276-85.
- Monteil C. (Inconnue). Synthèse des études sur la pollinisation du Kiwi. BRM. Avignon : Comité économique agricole fruits et légumes du bassin Rhône Méditerranée.
- Morton J. (1987). Kiwifruit. *Fruits of Warm Climates*, 293-300. Miami: Creative Resource Systems, Inc. 293-300. http://www.pssurvival.com/ps/plants/Crops_Fruits_Of_Warm_Climates_2004.pdf.
- Palmer-Jones T. et Clinch P.G. (1974). Observations on the pollination of Chinese gooseberries variety "Hayward". *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 2: 455-58.
- Pescie M.A. et Strik B.C. (2004). Thinning before bloom affects fruit size and yield of hardy kiwifruit. *HortScience*, 39 (6): 1243-1245.
- Razeto B., Reginato G. et Larrain A. (2005). Hand and Machine Pollination of Kiwifruit. *International Journal of Fruit Science*, 5 (2): 37-44.
- SOFRUILEG. (2012). Document d'information générale SOFRUILEG et NERGI® selon les articles L330-3 et R330-1 du Code du Commerce. 10 p.
- SOFRUILEG. (2015). NERGI -TAHI -VarietalPortfolio. *NERGI -TAHI -VarietalPortfolio*. 2 p. <http://sofruileg.com/wp-content/uploads/2015/12/NERGI-TAHI-VarietalPortfolio.pdf>.
- Strik B.C., Helen C., et autres. (1998). Growing kiwifruit. Oregon State University Extension Service. 25 p.
- Testolin R. (1991). Male density and arrangement in kiwifruit orchards. *Scientia horticulturae*, 48 (1-2): 41-50.
- Tiyayon C. et Strik B.C. (2003). Flowering and fruiting morphology of hardy kiwifruit, *Actinidia arguta*. *Acta Horticulturae*, 610 :171-176.

Tiyayon C. et Strik B.C. (2004). Influence of time of overhead shading on yield, fruit quality, and subsequent flowering of hardy kiwifruit, *Actinidia arguta*. *New Zealand journal of crop and horticultural science*, 32: 235-240.

Wilson G. (1990). Pollination: don't depend on the wind. *New Zealand Kiwifruit*, n° April: 14-15.

Sitographie

AGREST (2014). INTERFEL-Fruits de plantes grimpantes-kiwi-carte identité. 2014 <http://www.lesfruitsetlegumesfrais.com/fruits-legumes/fruits-de-plantes-grimpantes/kiwi/carte-identite> (consulté le 03/07/2017)

Cahuzac Hubert. (1982). Empreintes landaises - Labatut : culture du kiwi et coopérative agricole fruitière. *fresque.ina*. <http://fresques.ina.fr/landes/fiche-media/Landes00129/labatut-culture-du-kiwi-et-cooperative-agricole-fruitiere.html> (consulté le 03/07/2017)

Cloutet P. (2010). Kiwi Oscar plus de 30 ans d'innovation et de succès landais. *AquitaineOnLine*. <http://www.aquitaineonline.com/actualites-en-aquitaine/economie-industrie/kiwi-oscar-plus-de-30-ans-dinnovation-et-de-succes-landais.html> (consulté le 05/07/2017)

Faostat. (2014). *fao.org*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (consulté le 31/08/2017)

Inconnu. (2014). Rucher urbain d'Amiens (Sainte-Anne). <http://amiens-apiculture.blogspot.com/2014/04/> (consulté le 06/07/2017)

SOFRUILEG. (2017). about-sofruileg-nergi. <http://sofruileg.com/> (consulté le 05/07/2017)

Haeberli-beeren. (2017). Nostina (mâle) - Häberli Fruchtpflanzen AG, Neukirch-Egnach <https://www.haeberli-beeren.ch/fr/produit/kiwi-arguta-baies-kiwi/117/nostino-m%C3%A2le> (consulté le 11/06/2017)

Plant and Food Research. (date inconnue). Applications of Biotechnology in Kiwifruit (*Actinidia*). https://www.researchgate.net/figure/51428932_fig1_Fruit-diversity-in-the-genus-Actinidia-Fruit-of-species-used-to-make-EST-libraries-are (consulté le 20/09/2017)

Tianchi W. et Andrew P.G. (2012). Applications of Biotechnology in Kiwifruit (*Actinidia*). *Innovations and Biotechnology*. 30p. https://www.researchgate.net/publication/221925026_Applications_of_Biotechnology_in_Kiwifruit_Actinidia (consulté le 06/07/2017)

Communication personnelle

Bec F. (2017). Communication personnelle : informations techniques *A. arguta*, SCAAP Kiwifruits de France.

Caruel J.P. (2017). Communication personnelle. Informations et chiffres Sofruileg et NERGI®. Labatut (FR) : SCAAP KIWIFRUIT de France.

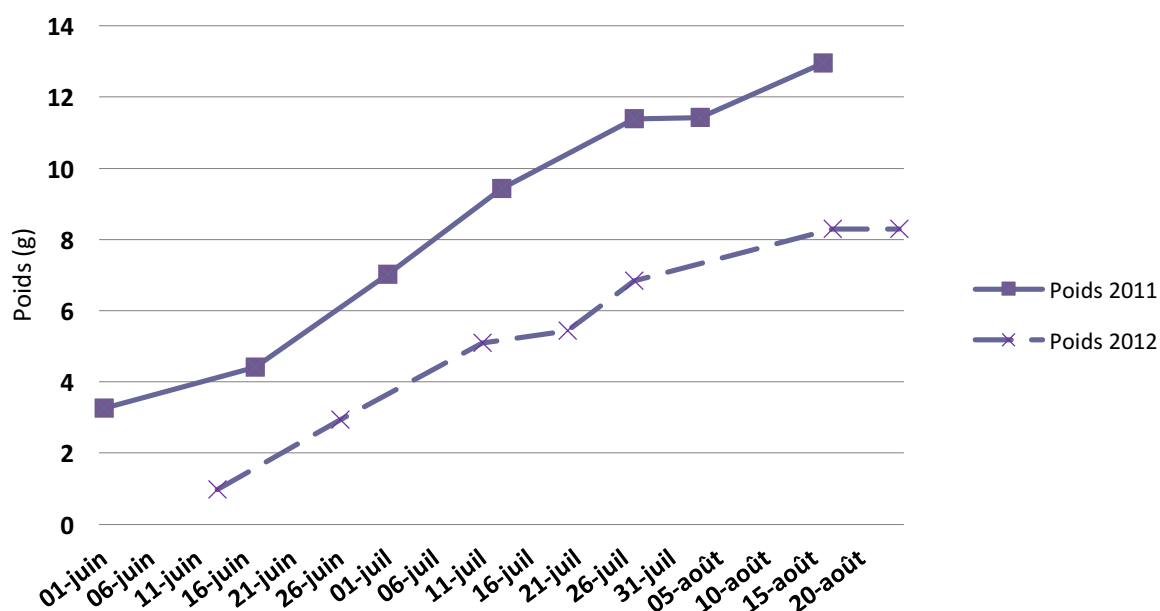
Idiard F. (2017). Communication personnelle. Méthodes d'amélioration de la pollinisation naturelle en verger Hayward. Labatut (FR) : SCAAP KIWIFRUIT de France.

ANNEXES

Annexe I

Echelle de notation visuelle des calibres sur arbres avec gabarits

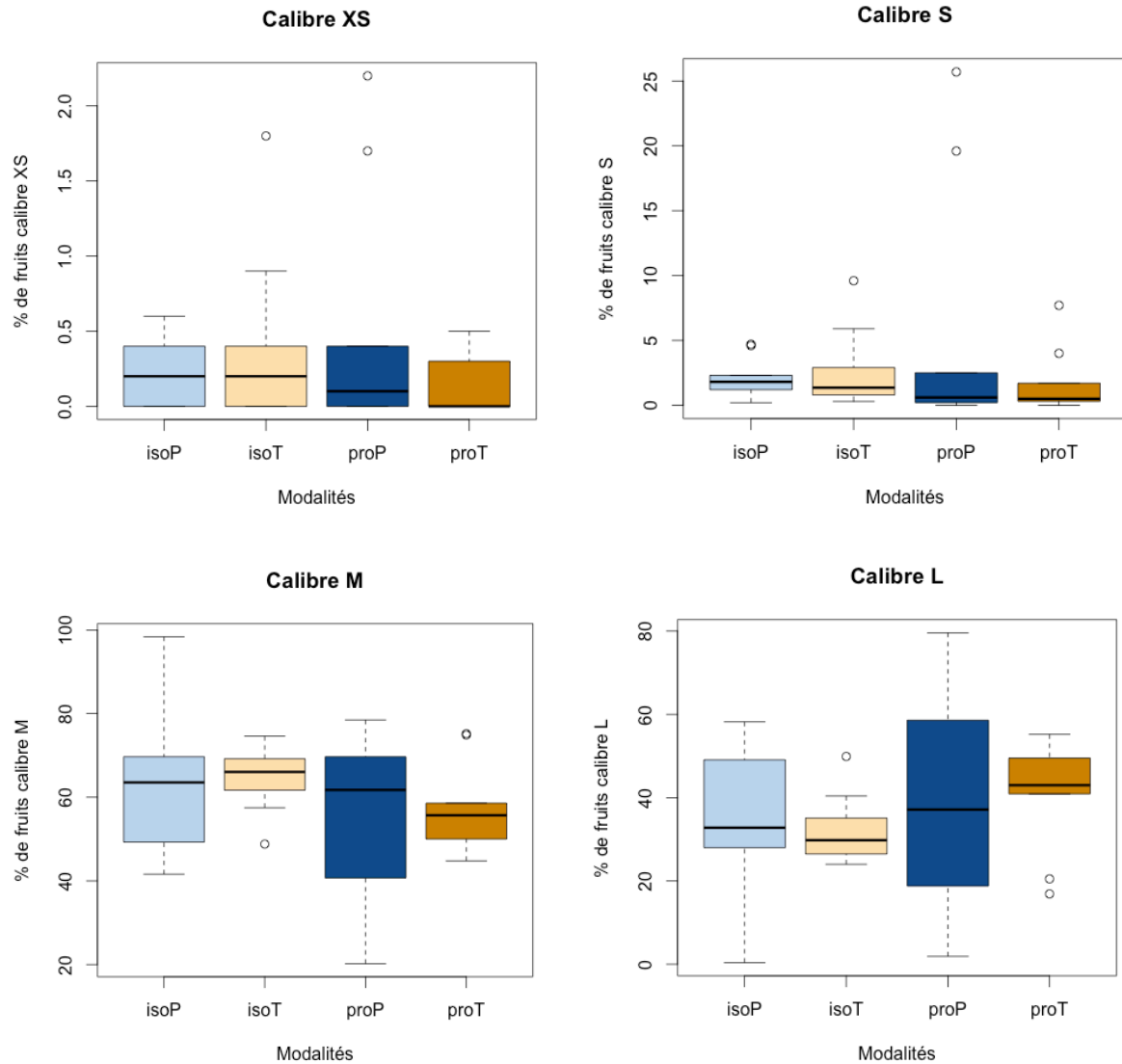
Les courbes de grossissements réalisées en 2011 et 2012 par la SCAAP permettent de donner une estimation du nombre de grammes moyens pris par fruit en l'espace de 3 semaines, soit environ 1,5g (pentes entre le 27/07/11 et 16/08/11 ; 17/07/12 et 27/08/12). Les références gabarits correspondent au poids minimum des classes de calibre déduit des 1,5g. Les gabarits sont choisis, dans un échantillon de fruits prélevé et pesé, pour correspondre aux calibres souhaités (10,5 et 4,5g). La procédure de notation consiste à placer le gabarit devant chaque fruit et définir à l'œil son appartenance à la classe gros, moyen ou petit calibre.



Courbes de grossissement des fruits *A. arguta* var. TAHI pour l'année 2011 et 2012 (Verger expérimental EARL Perach)

Annexe II

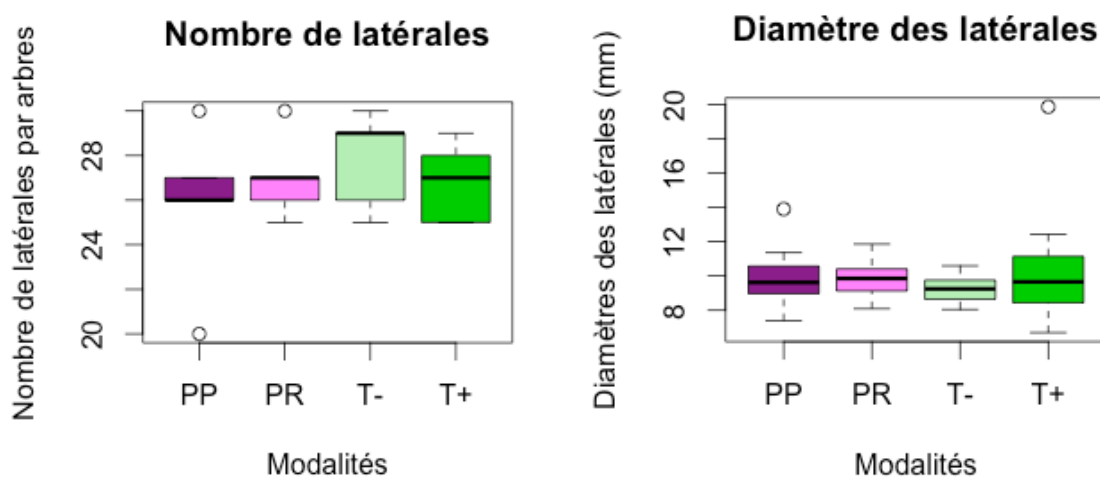
Représentations graphiques du pourcentage de fruits pour les différentes classes de calibre de l'essai 1



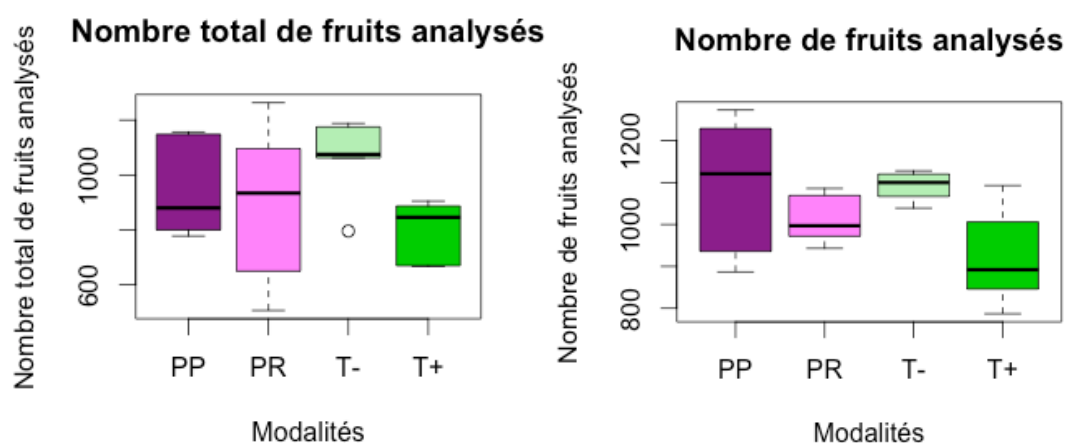
Pourcentage de fruits par classe de calibre pour l'essai 1 (n=20)

Annexe III

Représentations graphiques de l'homogénéité d'échantillonnage de l'essai 2



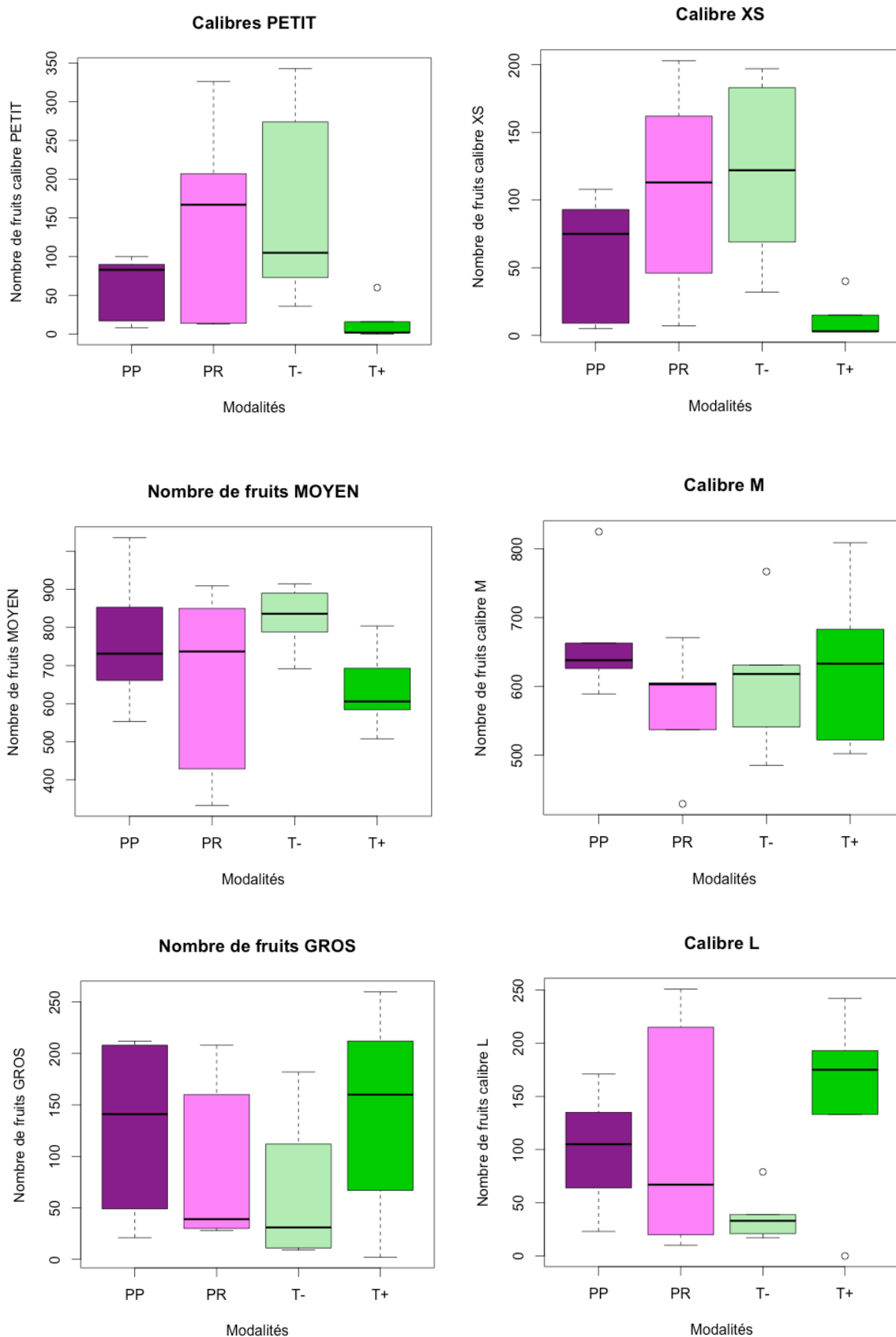
Nombre de latérales moyen par modalités et diamètres moyens des 6 latérales par arbre (n=20).



Nombre total de fruits analysés que ce soit par l'estimation visuelle (à gauche) que par la calibreuse (à droite), pour les 6 latérales échantillonnées par arbre pour chaque modalité étudiée (n=20).

Annexe IV

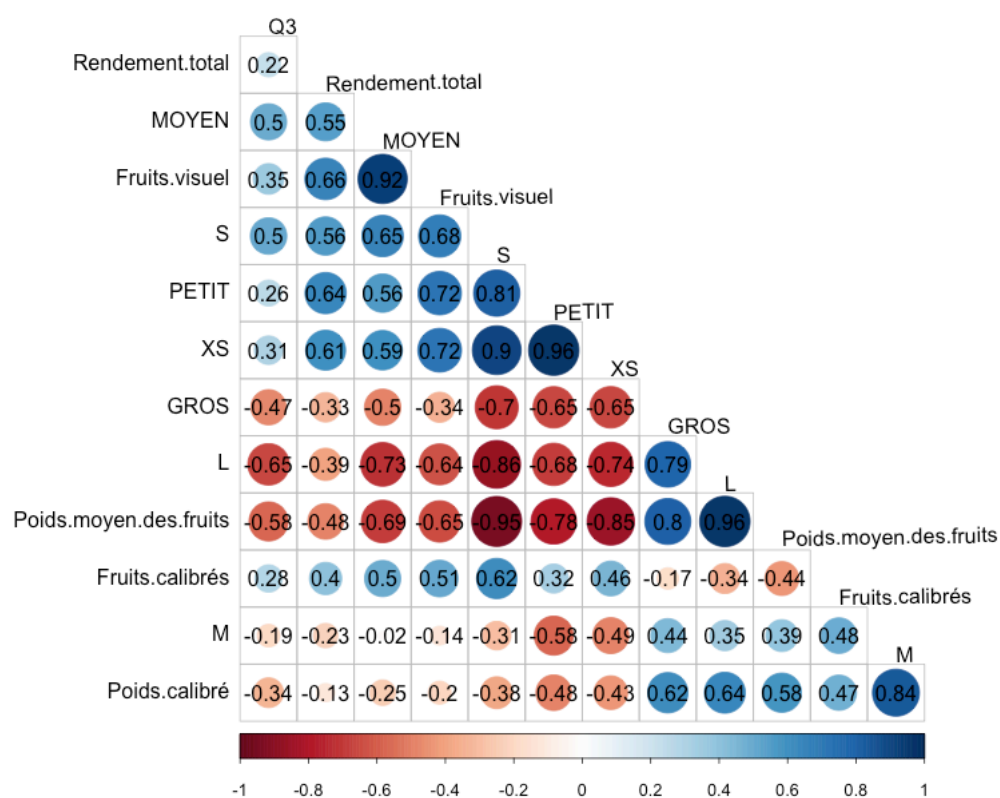
Représentations graphiques du nombre de fruits pour chaque classe de calibre de l'essai 2



Nombre de fruits par classe de calibre pour l'essai 1 (n=20)

Annexe V

Matrice de corrélation entre les différentes variables étudiées pour l'essai 2



Matrice de corrélation des différentes variables qui concernent l'essai 2. Les variables présentes sont les différents types de calibre qu'ils soient issu de l'analyse visuelle ou de l'analyse par la calibreuse. Q3 : nombre de fruits très abîmés ($p > 0,05$)

	Diplôme / Mention : Master 2 Sciences Technologie Santé mention Biologie et Technologie du végétal Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV) Parcours : I Productions Végétales Spécialisées Option : Semences et plants
Auteur(s) : Lucie PETIT Date de naissance : 20/11/1991	Organisme d'accueil : SCAAP KIWIFRUIT DE FRANCE Adresse : 2898 Boulevard de l'Océan, 40300 LABATUT Maître de stage : Fabien BEC **
Nb pages : 26 Annexe(s) : 5	
Année de soutenance : 2017	
Titre français : Evaluation de la qualité de pollinisation d'un verger d' <i>Actinidia arguta</i> var. TAHI et de l'intérêt d'une pollinisation complémentaire Titre anglais: Quality pollination assessment of <i>Actinidia arguta</i> var. TAHI orchard and advantage of an additional pollination technique	
Résumé L' <i>Actinidia arguta</i> (Sieb. et Zucc.) est une nouvelle espèce de kiwi, implantée depuis 2011 dans le Sud-Ouest de la France. C'est une liane dioïque qui nécessite, au sein du verger, la présence de pieds mâles en ratio important pour permettre la pollinisation et la fructification des fleurs des pieds femelles. Un calibre minimum de 6g est indispensable à la qualité commerciale de ce petit fruit. Or, l'apparition d'un manque de pollinisation dans certain verger fait que le nombre de fruits non commercialisables apparaît en nombre important. Les coûts de récolte et les volumes récoltés en sont impactés, réduisant alors la rémunération du producteur. La présente étude cherche à limiter ce nombre de fruits non commercialisables. L'efficacité de pollinisation d'un nouveau schéma de disposition des pieds mâles est évaluée. Au vu des modalités de pieds femelles choisies, celle-ci apparaît homogène dans le cas d'un jeune verger. Des essais de pollinisation assistée par voie humide à base de pollen pur et de pollen de ruche sont testés sur des pieds femelles isolées de tous pieds mâles. Les résultats ne permettent pas de conclure sur l'efficacité de celles-ci. En parallèle, les essais confirment que la présence de petits fruits est dû à un manque de pollinisation par la corrélation linéaire positive entre le nombre de graines d'un fruit et son calibre. L'importance de la pollinisation apportée par les pieds mâles tardifs est démontrée, contrairement à celle des mâles précoces qui est discutée.	
Abstract <i>Actinidia arguta</i> (Sieb. et Zucc.) is a new species of kiwifruit, imported in the South-West of France since 2011. It is a dioecious vine that means that both male and female vines need to be introduced in the same orchard to permit female flower vine pollination and fruit production. The ratio male: female is important to enable pollination and yield. A minimum calibre of 6g is essential for the fruit to be commercialised. In fact, a lack of pollination in some orchard means that the number of non-marketable fruits become too important. The harvesting costs and yield are impacted and reducing the producer's compensation. This study aims at reduce this number of non-marketable fruits. The pollination efficiency of a new arrangement schema of male vine is assessed. Pollination of the chosen female vine modalities appears homogeneous in the case of a young orchard. Wet assisted pollination methods with pure pollen and bee-hive pollen are tested on female vines without any male around. The results cannot conclude on the effectiveness of these techniques. Simultaneously, the tests confirm that small fruits production is due to a lack of pollination with the positive linear correlation between fruit seed number and weight. Importance of pollination provided by late male vine is demonstrated, whereas the early male vines efficiency is discussed.	
Mots clés Kiwi, <i>Actinidia arguta</i> , pollinisation, calibres, pollen, graines, variétés mâles, répartition du verger, pollinisation assistée, pollinisation artificielle Keywords Kiwifruit, <i>Actinidia arguta</i> , pollination, fruit size, seeds, pollen, male vine varieties, orchard arrangement, assisted pollination, artificial pollination	